

До спеціалізованої вченої ради
Д 26.002.22 Національного
технічного університету України
«Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»

ВІДГУК

офіційного опонента Петренка Володимира Дмитровича
на дисертацію Стівпника Станіслава Миколайовича
«Розвиток основ руйнівного деформування приконтурних порід
дією геотехнічних збурень»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна та гірнича механіка

1. Актуальність теми дисертації

Явища руйнування природних об'єктів мають складний характер і не можуть бути точно прогнозовані. Активний розвиток окремих напрямків механіки руйнування не дозволяє досягти узагальнення проблеми руйнування в цілому, тому розвиток сучасних досліджень в умовах природних об'єктів має актуальне значення.

Для масивів слабометаморфізованих порід поширення досліджень руйнування має наукову новизну, що складає актуальну науково-технічну проблему.

Враховуючи вищенаведене дисертаційна робота Стівпника С.М. і виконаний ним обсяг досліджень вважаю беззаперечно актуальним, перспектива яких відповідає майбутньому розвитку економіки і інженерії в умовах геологічних масивів.

2. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

– визначено, що під час перевищення межового напруженого стану ($\gamma H > R^*$) утворення виробки у слабометаморфізованому масиві викликає інтенсифікацію енерговиділення потенційної енергії оточуючого масиву на глибину 0,7 – 0,9 діаметра виробки як прискорення розвантаження породних відслонень і реалізується у вигляді збільшення радіальної конвергенції порід: за швидкістю у 2,7 – 4,4 рази та початковим періодом у 1,5 – 2,8 рази;

– обґрунтовано, що внаслідок структурно-механічних особливостей слабометаморфізованих порід (тонкошаруватість складання, зменшене міжшарове зчеплення і низька об'ємна міцність) інтенсивність розшарування порід покрівлі має як за глибиною, так і у часі, експоненційно затухаючий розподіл і у діапазоні 0,8 – 3,6 м/добу викликає розвиток руйнування бічних порід з поділом їх магістральними тріщинами на окремі блоки різної форми залежно від швидкості розшарування порід покрівлі;

– запропоновано модель асимптотичного розвитку руйнування навколо виробки у вигляді затухаючого коливального перерозподілу нормальних напружень стискання та дотичних напружень розтягування в масиві, причому в умовах слабометаморфізованих порід зворотний взаємозв'язок руйнування бічних порід та наступної інтенсифікації розшарування порід покрівлі визначається додатковим збільшенням прольоту відслонення порід покрівлі після поширення руйнування бічних порід;

– доведено, що врівноважений стан оточуючого масиву в процесі руйнівного деформування слабометаморфізованих порід навколо виробки досягається на основі єдиного механічного процесу осадження зруйнованих порід та їх послідовного витиснення у порожнину виробки за умови досягнення зоною зруйнованих порід форми несиметричного еліпсу, яка відповідає еквівалентному співвідношенню квадратів головних осей еліпсу руйнування до показника міцнісної анізотропії порід;

– встановлено, що за умови $\frac{\gamma H}{R^*} > 0,75$ в межах одного літологічного шару слабометаморфізованих порід перевищення показника порізаності виробками більше 0,2 викликає утворення спільної зони підвищеного гірського тиску за рахунок об'єднання зон зруйнованих порід навколо кожної виробки, яка має здатність радіального поширення в межах шару порід з додатковою інтенсифікацією під впливом проведення наближених виробок, оконтурювання ділянки масиву видобувними роботами та виконанням ремонтних робіт з вийманням зруйнованих порід;

– встановлено, що коефіцієнт послаблення міцності слабометаморфізованих порід, відслонених в шахтних умовах, пов'язаний з параметром $\gamma H/R^*$ зворотно-степенною залежністю;

– обґрунтовано для умов масиву слабометаморфізованих порід параметри режиму роботи комбінованої конструкції кріплення, які, на відміну від ініціації розшарування порід у піддатливих конструкціях, в діапазоні розпушення обвалених порід 1,05 – 1,33 створюють демпфуючу здатність цього шару у вигляді функції степеневого поліному в системі

«масив – навколоконтурний шар зруйнованих порід – кріплення», де згасання інтенсивності навантажень від розшарування порід покрівлі додатково компенсується ущільненням і відновленням носійної спроможності порід;

– визначено взаємозв'язок моменту спорудження кільцевої конструкції кріплення з інтенсивністю конвергенції оточуючих порід як тривалості відслонення породного контуру під час поетапного розкриття перерізу виробки, що забезпечує достатню реалізацію надлишкових напружень понад межового рівня для слабометаморфізованого масиву, виконанням замкнутої конструкції кріплення після 1,8...3,3 – кратного зменшення інтенсивності радіальної конвергенції порід від початкового гірського тиску.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей процесів руйнівного деформування слабометаморфізованих порід дією геотехнічних збурень.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертації підтверджуються значним обсягом шахтних спостережень, використанням математичних методів для аналізу результатів натурних вимірювань, відсутністю протиріч з результатами інших авторів, позитивною економічною ефективністю застосування науково-технічних рішень на виробничих об'єктах ТОВ «ДТЕК Павлоградвугілля», в проектних рішеннях ДП «ПІ «УкрНДІпроект», ПАТ «Укрспецтунельпроект», на об'єктах будівництва ПрАТ «Інтербудмонтаж», що підтверджується відповідними актами.

4. Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

– розроблена та промислово випробувана комбінована конструкція кріплення «рамна двотаврова кільцева – шар армованих порід – масив», яка забезпечує стійкість слабометаморфізованого масиву порід за рахунок безперервного пружного підпору налягаючих порід;

– розроблено і впроваджено технологічна схема поетапного проведення виробок за рахунок затухання інтенсивності деформацій навколо виробки до створення замкнутої конструкції кріплення.

– запроваджено виробничий процес підтримання магістральних виробок на шахті «Західно–Донбаська» ТОВ «ДТЕК Павлоградвугілля» поетапним замиканням конструкції кільцевого кріплення;

– розроблено галузевий нормативний документ «Руководство по охране

горних виработок на шахтах Західного Донбасу» (ВНИМИ);

– запроваджена комбінована кільцева конструкція двотаврового кріплення та анкерного посилення на будівництві Бескідського тунелю.

5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалась на кафедрі геоінженерії Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ імені Ігоря Сікорського в межах науково-дослідних робіт – «Розробити і впровадити засоби охорони виробок при здиманні порід на шахтах Західного Донбасу» (№ ДР 0130011776), «Розробити та випробувати способи боротьби із здиманням порід на глибоких шахтах Донбасу» (№ ДР 0191920100) та «Розробка та впровадження рамних замкнених і кільцевих кріплень з оптимізацією технології спорудження гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах із застосуванням комбайнів вибіркової дії» (№ ДР 0121920200), «Розробити та перевірити технологію комбайнового проведення виробок з кільцевим кріпленням на шахтах Західного Донбасу» (№ держреєстрації 0140021836), «Розробити методика визначення технологічних параметрів спорудження гірничих виробок гор. 390 м та гор. 420 м шахти «Західно-Донбаська 6/42 блок №2» (№ ДР 0120112156), «Розробити спосіб армування приконтурного масиву, що забезпечує обмежене деформування конструкції тимчасового комбінованого кріплення при будівництві Бескідського тунелю» (№ ДР 01/18U000661). в яких автор брав участь у якості виконавця і керівника.

6. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Результати дисертації в повній мірі викладені в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 34 наукову працю, з них 1 – монографія, 21 у фахових виданнях, з яких 8 публікацій – у збірниках наукових праць, що включені до переліку міжнародних наукометричних баз даних та 3 публікації – у закордонних збірниках наукових праць, 3 – патенти на винахід, 10 – у збірниках матеріалів національних і міжнародних конференцій.

Об'єм публікацій в повній мірі відповідає вимогам до докторських дисертацій відповідно до «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженою постановою Кабінету Міністрів України.

7. Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, шість розділів і висновку, викладених на 289 сторінках основного тексту, містить 118 рисунків, 18 таблиць, список використаних джерел із 152 найменувань на 13 сторінках і 5 додатків на 53 сторінках.

Зміст дисертації викладено аргументовано і логічно, зрозумілою мовою, в роботі наведена велика кількість роз'яснюючих рисунків, таблиць та додатків, що сприяє чіткому і повному розумінню викладеного матеріалу. Стилiстично викладений матеріал і мова тексту дисертації відповідають вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт.

Автореферат у повній мірі відображає структуру дисертаційної роботи та за змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату виконано у відповідності до існуючих вимог. Висновки наведені у дисертаційній роботі та в авторефераті, є ідентичними.

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дослідження, наведено інформацію щодо апробації результатів дисертації та публікацій.

У **першому розділі** надано аналіз сучасного стану досліджень руйнування гірських порід і проявів гірського тиску, виконана оцінка економічних втрат.

На основі проведеного аналізу сучасних досягнень науки й практики сформульовані і наведені мета й основні задачі дослідження.

У **другому розділі** розроблена комплексна методика натурних досліджень і інструментальних спостережень, наведені результати натурних досліджень деформування порід навколо контуру виробок, проведено аналіз результатів досліджень за вертикальним розшаруванням порід покрівлі та подошви, взаємодії елементів кріплення та впливу наближення лави, розвиток зон підвищеного гірського тиску навколо мережі виробок, інтенсифікації деформування порід при виконанні ремонтних робіт з випуском обвалених порід. Визначено виникнення області ущільнення порід в покрівлі, деформування порід подошви складкоутворенням, стрибкове осадження бокових порід. Отримано узагальнений вираз переміщень порід за період існування виробки, скориговано залежність переміщень вглибині масиву.

У **третьому розділі** показано аналіз міцності порід по глибині і заляганню відносно пласта, отримана степенева залежність послаблення порід від напруженого стану масиву. Досліджено ступінь впливу площин

послаблень на міцність порід за одноосьовим розтягуванням.

Отримано узагальнення паспорту міцності слабометаморфізованих порід за результатами стабілометричних випробувань. Виконана оцінка гідростатичності початкового напруженого стану масиву за методом «пам'яті» гірських порід. Досліджено процес руйнування зразків на одноосьове стиснення як повної діаграми деформування залежно від нашарування порід. Досліджено показники кута нахилу магістральної тріщини для руйнування зразків об'ємним стисненням для різної інтенсивності навантаження зразка. Визначено залежності деформування і відновлення несучої спроможності розпушених порід у вигляді двоступеневих поліномів.

У четвертому розділі отримано енергетичний баланс гірського масиву і визначено залежність інтенсивності радіальної конвергенції контуру і потужності енерговиділення масиву, що дозволило отримати умови приведення масиву до стійкого стану за рахунок реалізації напружень гірського тиску як пластичних деформацій та руйнування. Моделювання в програмі «NASTRAN» дозволило визначити кількісні показники процесу енерговиділення і визначити взаємозв'язок форми зони руйнування і показників міцності порід для мінімального енергетичного стану масиву.

Наведено вирішення аналітичної задачі виникнення зони непружних деформацій методом розкладення відомого рішення малим параметром у вигляді степеневих рядів Фур'є. Побудовано розподіл непружних деформацій навколо виробки залежно від глибини закладання, гідростатичності напруженого стану масиву, анізотропії та ваги обвалених порід на виникнення зони непружних деформацій. Отримана залежність навантаження на кільцеве кріплення для умов розвитку зони руйнування порід навколо виробки, де враховано вплив ваги обвалених порід.

У п'ятому розділі наведені результати промислових випробувань кільцевого двотаврового кріплення, де визначені динамометричні показники навантаження, набір міцності тампонажного розчину. За допомогою програми «KREP» розраховані характеристики конструкцій та показники взаємодії з оточуючим масивом. Розроблена технологія поетапного розкриття перерізу і побудовані номограми визначення параметрів проведення виробки. Проведені масові випробування анкерного кріплення, аналіз яких дозволив отримати умови використання анкерного посилення кріплення і розробити методику розрахунку параметрів посилення. Наведені результати промислового експерименту з

охорони магістральної виробки проведенням компенсаційної виробки за фронтального наближення лави.

У шостому розділі наведені результати впровадження розроблених науково-технічних рішень на будівництві Бескідського тунелю.

У висновках до роботи автором викладено найбільш важливі наукові і практичні результати.

В додатках до роботи містяться таблиці, моделі, рисунки, що одержані в результаті аналізу та акти впровадження результатів досліджень на виробництві.

В цілому дисертаційна робота містить всі необхідні розділи, які у достатній мірі розкривають виконані автором дослідження – від змістовного аналізу існуючих теоретичних положень та технічних рішень до конкретних практичних рекомендацій та методик.

8. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Розділ 1 займає занадто великий обсяг дисертаційної роботи. Більша частина цієї інформації є загальновідомою, тому її викладання потрібно було скоротити.

2. У розділі 2 наведена значна кількість результатів спостережень, але узагальнення їх виконано недостатньо.

3. У третьому розділі недостатньо наведено пояснень експериментів з розпушеними породами.

4. У четвертому розділі недостатньо чітко наведено зв'язок між аналітичними задачами і результатами у вигляді науково-технічних рішень.

5. Бажано було показати відмінність геологічних умов Західного Донбасу і Бескідського перевалу та їх вплив на геотехнічні властивості при виборі технологічних рішень.

За своїм змістом, поданням теоретичного матеріалу, проведеними дослідженнями та формулюванням висновків, а також загальним рівнем дисертаційна робота Стівника С.М. відповідає поставленій меті та вирішеним задачам. Дисертація має завершеність одержаних наукових та практичних результатів, які є достатніми для впровадження на підприємствах України з видобування нерудної сировини та необхідними для підтвердження техніко-економічних показників, які досягнуті по роботі.

9. Заключна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Стівника С.М. на тему «Розвиток основ

руйнівного деформування приконтурних порід слабометаморфізованого масиву дією геотехнічних збурень» є завершеною науково-дослідною роботою, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної науково-практичної проблеми з розробки наукових основ руйнування слабометаморфізованих порід під впливом гірничих робіт в умовах межового напруженого стану масиву шляхом встановлення залежностей природних та технологічних параметрів управління проявами гірського тиску.

Викладені мною зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.15.09 – Геотехнічна і гірнична механіка.

В загальному висновку підтверджую, що дисертаційна робота виконана на достатньому рівні та, незважаючи на зауваження, вона повністю відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів» Кабінету Міністрів України., а її автор, Стопник Станіслав Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка.

Офіційний опонент,

професор кафедри
«Транспортна інфраструктура»
Дніпровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
МОН України,
доктор технічних наук, професор



Особистий підпис
В. Д. Петренко
засвідчую
Май, завізного відділу Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
<i>Щербанов С.У.</i>
2021 р.