

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

## ВІДГУК

**офіційного опонента Трофимчука Олександра Миколайовича 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.**

Наукова проблема руйнування твердих тіл супроводжує розвиток науки і техніки значний історичний період. Відомі аналітичні рішення охоплюють тільки частину досліджених проявів руйнування, хоча в цілому проблема залишається актуальною. Сучасні дослідження реальних природних об'єктів обмежені, тому їх узагальнення мають проміжні висновки, дійсні для певного кола геологічних умов.

Поширення інженерної діяльності в масивах глинистих порід викликає ускладнення технологічних процесів, негативно впливають на ефективність виробництва. Тому дослідження руйнівних процесів у слабометаморфізованих породах складає актуальну науково-технічну проблему.

Враховуючи вищенаведене дисертаційна робота Стівпника С.М. і виконаний ним обсяг досліджень вважаю безумовно актуальним, перспективним та таким, що відповідає тенденціям розвитку промисловості, пов'язаної з інженерною практикою в природніх геологічних масивах.

### **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-степеневою 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 обсягом проведених натурних спостережень, використанням методів математичної статистики для аналізу результатів натурних вимірювань, відповідністю результатам досліджень інших авторів, застосуванням обґрунтованих математичних моделей, позитивним ефектом упровадження результатів досліджень на підприємствах ТОВ «ДТЕК Павлоградвугілля», на об'єктах будівництва ПрАТ «Інтербудмонтаж», в проектних рішеннях ДП «ПІ «УкрНДІпроект», ПАТ «Укрспецтунельпроект», що підтверджується відповідними актами.

**4. Практичне значення одержаних результатів** полягає у наступному:

- розроблено та промислово випробувано систему кріплення «рамна кільцева двотаврова конструкція – шар армованих порід – масив», яка забезпечує рівновагу масиву слабометаморфізованих порід у режимі пружного підпору;

- розроблено технологію поетапного спорудження виробок на основі залежності інтенсивності деформаційного процесу навколо виробки на момент 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 горных выработок на шахтах Западного Донбасса» (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 замкнутих 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 методику 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 видано 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 логічно, чітко, аргументовано, мова лаконічна і зрозуміла, робота має велику кількість супровідних і пояснюючих рисунків, таблиць та додатків, що сприяє чіткому і однозначному 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** наведено аналіз сучасного стану досліджень руйнування гірських порід і проявів гірського тиску.

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

У **другому розділі** розроблена комплексна методика натурних досліджень і інструментальних спостережень, наведені результати деформування породного та закріпленого контуру виробок, проаналізовані результати спостережень за розшаруванням порід покрівлі та підшви, взаємодії породного контуру та елементів кріплення, впливу від фронтального наближення лави, поширення зон підвищеного гірського тиску навколо паралельних виробок, інтенсифікації деформування контуру в зоні ремонтних робіт з випуском обвалених порід. Виділено характерні зони ущільнення обвалених порід в покрівлі, розшарування порід підшви розпушуванням та

торосуванням, стрибкоподібне осадження бокових порід. Проведено статистичну обробку результатів спостережень, визначено узагальнений вираз переміщень порід за період існування виробки, отримано скоригований вираз залежності переміщень вглибину масиву.

**У третьому розділі** наведені результати порівняльного аналізу міцності по кожному літотипу порід по глибині і місцю залягання відносно пласта, визначена степенева залежність послаблення порід від напруженого стану масиву. Визначена ступінь впливу кількості площин послаблень на міцність слабометаморфізованих порід за одноосьовим розтягуванням та стисненням. Побудовано паспорти об'ємної міцності слабометаморфізованих порід за результатами стабілометричних випробувань. За методикою «пам'яті» гірських порід отримана оцінка гідростатичності початкового напруженого стану масиву. Визначено характер та параметри процесу руйнування за одновісного стиснення у вигляді повної діаграми в залежності від нашарування порід. Отримано залежності кута нахилу магістральної тріщини за руйнування зразка об'ємним стисненням для різної інтенсивності навантаження зразка. Визначено залежності деформування і відновлення несучої спроможності розпушених порід у вигляді двоступеневих поліномів.

**У четвертому розділі** складено енергетичний баланс гірського масиву і визначено аналітичний зв'язок інтенсивності радіальної конвергенції контуру і потужності виділення потенційної енергії масиву, що дозволило отримати часові показники приведення масиву до стійкого стану за рахунок реалізації напружень гірського тиску у вигляді пружних та пластичних деформацій. Проведене за допомогою MSC "NASTRAN" моделювання дозволило визначити кількісні показники процесу енерговиділення і визначити форму і розміри зони руйнування для мінімального енергетичного стану масиву.

Формалізована постановка аналітичної задачі визначення розмірів зони непружних деформацій методом розкладення відомого рішення малим параметром у вигляді степеневих рядів Фур'є. Отримані графічний розподіл і показники гармонік впливу від глибини закладання, гідростатичності напруженого стану масиву, анізотропії та ваги обвалених порід на виникнення зони непружних деформацій навколо виробки. Вирішена задача визначення навантаження на кільцеве кріплення за виникнення зони руйнування порід навколо виробки, в якій додатково враховано вплив ваги обвалених порід.

**У п'ятому розділі** наведені результати промислових випробувань кільцевого і замкнутого двотаврового кріплення, за якими визначені динамометричні показники навантаження конструкцій, ступінь набору міцності тампонажного розчину у часі. Моделюванням у програмі "KREP" отримані навантажувальні характеристики конструкцій та показники взаємодії з оточуючим масивом. Розроблена технологія поетапного розкриття перерізу і побудовані номограми визначення параметрів проведення виробки. Наведені результати масових випробувань анкерного кріплення, аналіз яких дозволив визначити умови доцільного використання анкерного посилення кріплення і розробити методику розрахунку

параметрів посилення. Наведені результати шахтних випробувань розвантаження рамного кріплення і компенсації здимання порід камуфлетними підриваннями зарядів ВР. 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. В пункті 1.1. занадто багато уваги приділено опису відомих теорій міцності. Значна частина даної інформації є загальновідомою і доцільність її наведення у такому обсязі викликає певні сумніви.

2. При складанні методики досліджень бажано вказати взаємозв'язок окремих частин досліджень або з якою метою вони виконуються в дисертаційній роботі.

3. У третьому розділі не виділено яка частина досліджень охоплює пісковики, а яка тільки глинисті породи.

4. Четвертий розділ занадто перевантажений аналітичними дослідженнями, які можна навести у вигляді кінцевих результатів.

5. Бажано уточнити, яким може бути прогнозований економічний ефект для інших підприємств в подібних умовах.

За своїм змістом, поданням теоретичного матеріалу, проведеними дослідженнями та формулюванням висновків, а також загальним рівнем дисертаційна робота Стовпника 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.

#### **9. Заключна оцінка дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Стовпника 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 мою загальну позитивну оцінку дисертації.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.15.09 – Геотехнічна і гірнична механіка.

В загальному висновку 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, Стівчик Станіслав Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка.

### **Офіційний опонент,**

Директор інституту телекомунікацій і  
глобального інформаційного простору  
Національної академії наук України,  
член-кореспондент НАН України,  
доктор технічних наук, професор



О. М. Трофимчук