

ВІДГУК

*офіційного опонента Войтенка Юрія Івановича на дисертацію
Стовпника Станіслава Миколайовича «Розвиток основ руйнівного
деформування приконтурних порід слабометаморфізованого масиву дією
геотехнічних збурень» подану на здобуття наукового ступеня доктора
технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірничя механіка*

Актуальність теми дисертації. На даний час нормативними вимогами обмежується проведення інженерних робіт в масивах глинистих порід, які відносяться до складних умов. Для підземного будівництва в цих умовах створюють індивідуальні проекти виконання робіт, які передбачають застосування спеціальних заходів. Тому розвиток досліджень поведінки слабометаморфізованих порід в процесах підземної розробки родовищ корисних копалин має безумовну актуальність.

Геологічні умови родовищ Західного Донбасу широко представлені (85 %) глинистими різновидами порід слабого ступеня метаморфізму і мають розвинуту мережу підземних виробок діючих шахт Павлоградсько-Петропавлівського вуглепромислового району, що дозволяє проводити широке коло досліджень в різноманітних сполученнях гірничотехнічних умов.

Зважаючи на те, що видобуток енергетичного вугілля підприємствами ТОВ «ДТЕК «Павлоградвугілля» складає до 70 % загальноукраїнського обсягу, вирішення проблем нестійкого стану об'єктів підземної інфраструктури має актуальність для стратегічного забезпечення економіки України власними енергоносіями.

Таким чином тема дисертаційної роботи розвиток основ руйнівного деформування приконтурних порід слабометаморфізованого масиву дією геотехнічних збурень є актуальною науково-практичною проблемою.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується коректними постановками задач, використанням сучасного апробованого математичного апарату, опрацюванням значної кількості вітчизняних і закордонних праць та відсутності протиріч між їх змістом та отриманими результатами, збігом аналітичних розрахунків з результатами моделювання та практичним впровадженням результатів, впровадженням результатів, про що свідчать акти реалізації, наведені в дисертаційній роботі.

Наукова новизна одержаних результатів, що виносяться на захист, представлена науковими положеннями, в яких вперше:

– 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 швидкості радіальної конвергенції порід у 2,7 – 4,4 рази та тривалості початкового періоду 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 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 рівноважний 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.

Наукову новизну сформульовано коректно відповідно до нормативних вимог до докторських дисертацій.

Практична значимість та важливість для галузі полягає в обґрунтуванні умов стійкого стану підземних споруд в умовах руйнування оточуючих порід; розроблена конструкція і створена технологія спорудження виробок в умовах гранично напруженого гірського масиву.

Практичне значення одержаних результатів полягає в 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.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України

Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації, список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

У вступі обґрунтовується актуальність теми; формулюється наукова задача; приводяться: зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; мета роботи, об'єктом дослідження, предмет дослідження, методи дослідження, наукова новизна отриманих результатів, практичне значення отриманих результатів, особистий внесок дисертанта в роботу, апробація результатів дисертації, характеристика публікацій автора, структура і обсяг дисертації.

У **першому розділі** на основі опрацьованих літературних джерел, що відносяться до питань руйнування гірських порід в умовах слабометаморфізованого масиву, в тому числі дією геотехнічних впливів формулюється постановка задачі і основні задачі дослідження.

У **другому розділі** наведена оцінка фактичного стану гірничих виробок, узагальненням результатів якого було визначено, що нормативні засоби підтримання і охорони не забезпечують експлуатаційну стійкість виробок внаслідок інтенсивного розвитку руйнування порід навколо виробок. Встановлено, що до глибини 1,0...1,5 м відбуваються інтенсивні переміщення в межах 50–70 діб, а більш глибокі шари порід з меншою амплітудою деформуються із відставанням у часі. Максимальне зростання інтенсивності конвергенції порід навколо виробки відбувається при розташуванні магістрального штреку з перетином пласта. Встановлено, що в існуючих навколо виробок областях руйнування порід може бути ініційований розвиток зон руйнування порід дією геотехнічних збурень (проведенням паралельної виробки, впливом опорного тиску від лави, виконанням перекріплення або підривання порід та ін.).

У **третьому розділі** виконано дослідження механічних властивостей слабометаморфізованих порід. Для відомих значень структурного послаблення і втрати міцності за зволоження отримана залежність впливу геомеханічних умов на коефіцієнт послаблення масиву.

Встановлено відмінність між деформуванням аргіліту за різного напрямку навантаження на позамежовій ділянці. Порода майже миттєво втрачає несучу здатність, в той час, як при стисненні паралельно шаруватості, її несуча здатність зменшується поступово без наявного розриву суцільності порід. Досліджено спільний вплив швидкості деформування і рівня бокового тиску на позамежове руйнування порід у вигляді повної діаграми деформування зразка. Таким чином, перемінний режим навантаження навколо виробки породний масив викликає поділ гірської породи магістральними тріщинами на блоки різної форми за рахунок перетинання тріщин між собою.

У четвертому розділі виконано аналітичні дослідження формування та розвитку руйнування порід навколо виробки. Отримано рівняння рівноваги балансу енергії гірського масиву, визначена залежність, що пов'язує руйнування порід шляхом розростання тріщин в масиві і швидкістю переміщення порід контуру виробки. Вирішена розрахункова задача у плоскій постановці по розподілу напружень в зоні непружних деформацій методом збурень малим параметром. Методами контактної взаємодії отримані залежності руйнівного деформування породних елементів. Визначена додаткова складова навітажень від ваги обвалених порід.

У п'ятому розділі наведено результати розробки і промислових випробувань засобів підтримання виробок в умовах руйнування порід: кільцевого рамного кріплення з двутаврого профілю, анкерного посилення рамної конструкції, поетапного розкриття перерізу виробки по частинах, розвантаження приконтурних порід камуфлетними підриваннями, компенсування впливу лави допоміжною виробкою.

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

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату відповідають вимогам МОН України. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Здобувач володіє сучасними математичними методами та термінологією.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретними науковими завданнями, сформульованими у вступі.

В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях

Наукова новизна достатня для докторської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано з необхідною повнотою в 34 наукових працях, з них 1 монографія, 13 у фахових виданнях, з яких 5 публікацій – у збірниках наукових праць, що включені до переліку міжнародних наукометричних баз даних та 5 публікації – у закордонних збірниках наукових праць, 3 – патенти на винахід, 11 – у збірниках матеріалів національних і міжнародних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів і висновку, викладених на 323 сторінках основного

тексту, містить 118 рисунків, 18 таблиць, список використаних джерел із 152 найменувань на 13 сторінках і 5 додатків на 53 сторінках.

Апробація і публікація результатів. Основні положення дисертаційної роботи та окремі її результати обговорювалися на науково-технічних конференціях, семінарах та нарадах, а саме на: Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, Україна, 2016 р.); Науково-практичній конференції «Школа підземної розробки» (м. Бердянськ, Україна, 2016, 2017, 2018 р.); International scientific conference “Present and future of the mining and geological survey” (Low Tatry, Slovak, 2016); Materialy “Gornicze Forum Ekonomiczne” (Krakow, Poland, 2016); Міжнародній конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій» (м. Дніпро, Україна, 2018 р.); Науково-практичній конференції «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, Україна, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» (м. Київ, Україна, 2019 р.).

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і дає повне уявлення про отримані результати дослідження та їх наукову новизну та практичну значимість.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Метою роботи є створення основ руйнівного деформування порід, однак результати роботи не в повній мірі охоплюють види та форми руйнувань гірських порід. У розділі 3 дисертації автор не надає детального опису випробувань розпушених (зруйнованих) порід. При цьому можна допустити, що не існує нормативної методики досліджень таких порід.

2. Важливою складовою розділу 4 дисертації є вивчення і врахування енергоємності руйнування порід, але при цьому не надані детальні чіткі пояснення підрахунку енергетичного балансу оточуючого масиву.

3. В розділі 4 в рівнянні енергетичного балансу (формула 5 в авторефераті) записана енергія, розсіяна у вигляді тепла, позначена, як K . На думку автора цю складову енергії в загальному балансі «визначити аналітично не представляється можливим». Але це не так. Є методика і формули для розрахунку цієї складової енергії (див. наприклад статтю в журналі «Мінеральні ресурси України», 2017, №4, автори Кочетков С.І., Войтенко Ю.І., або в журналі «Фізика горення и взрыва», 2012, №6, автор Болобов В.И.).

4. В дисертації використано два методи оцінки НДС навколо виробки: прикладна програма “NASTRAN” на основі чисельного методу скінченних елементів і аналітичний метод. При цьому чисельний метод дозволяє розрахувати енергію деформування порід. Чи проводився такий розрахунок? Чи проводилося порівняння зон деформування порід за обома методами? Якщо так, то яка відмінність?

5. Чи проводилося порівняння розрахункових параметрів цієї зони з експериментальними даними? Яка розбіжність результатів?

6. При аналізі критеріїв руйнування, які розроблені фахівцями з механіки руйнування (МР), автор розглядає теорію Гріффітса А. і задачу про напружений стан навколо тріщини поздовжнього зсуву (Черепанов Г.П.). Основним недоліком цих критеріїв автор вважає обмеженість постановок задач наявністю однієї тріщини. Необхідно зазначити, що на сьогодні існують десятки розв'язків плоских і просторових задач МР для систем тріщин різної конфігурації, в тому числі паралельних тріщин.

7. В роботі досліджуються процеси руйнування попередньо напружених гірських порід (ГП). Механіка руйнування (МР) таких ГП, зокрема умови руйнування, відрізняються від МР ГП у разі відсутності початкових напружень. І навіть, якщо похибка, яка вноситься поправками на наявність початкових напружень, незначна, цей ефект необхідно було б згадати. Також згадати роботи Гузя О.М. в цій області МР.

8. У п'ятому розділі дисертації наведена розробка технології поетапного проведення виробок розкриттям перерізу по частинах, однак при цьому не досить чітко відслідковується новизна запропонованих автором технологічних схем на відміну від раніше відомих.

9. Загальні висновки по роботі в основному відтворюють результати дисертаційного дослідження, однак на мій погляд, деякі з них носять дещо декларативний характер без наведення цифрового матеріалу.

10. На рис. 4.18 відсутні позначення і одиниці по осям абсцис і ординат. Деякі позначення відсутні в авторефераті (формули (6-7)). Це ускладнює аналіз і розуміння результатів.

Вважаю, що вищевказані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Висновок. Як за об'ємом, так і за науковим рівнем та прикладним значенням дисертація є закінченою науково-дослідною роботою та відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567.

В цілому вважаю, що за вирішення актуальної науково-практичної проблеми, яка полягає в розвитку основ руйнівного деформування приконтурних порід слабометаморфізованого масиву дією геотехнічних збурень, автор дослідження, Стовпник Станіслав Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнича механіка.

Головний науковий співробітник
відділу інноваційних технологій
Українського державного
геологорозвідувального інституту,
доктор технічних наук



Ю.І. Войтенко

Вчений секретар



А.Я. Парфенова