

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук
Зберовського Василя Владиславовича на дисертаційну роботу

Молдаванова Євгена Вячеславовича

«Обґрунтування параметрів очисного виймання в геомеханічних зонах монтажних камер глибоких горизонтів шахт Західного Донбасу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 «Гірництво»

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, наукових праць, що опубліковані здобувачем, та документів, що свідчать про реалізацію та впровадження результатів проведених досліджень.

1. Актуальність обраної теми досліджень

Аналізі стану вугільної галузі України показує, що потребу до енергоносіїв країна можна задовольнити повністю за рахунок своїх природних запасів. Однак, за програмою декарбонізації та економічної диверсифікації вугільної галузі урядом України, передбачається закриття шахт. У зв'язку з цим в умовах Західного Донбасу у 2021 році було завершено роботу шахти «Благодатна» ШУ ім. Героїв Космосу та шахти ім. Сташкова ШУ «Дніпровське». Планується завершення робіт на шахтах «Степова» та «Ювілейна» ШУ «Першотравневе». До 2030 року у Західному Донбасі планується залишити в роботі шість шахт з планом вуглевидобутку 140 млн т. Це завдання буде вирішуватися шляхом збільшення навантаження на очисні вибої при відпрацюванні покладів у складних геологічних умовах глибоких горизонтів. Збільшення глибини розробки та навантаження на очисні вибої призводить до ускладнення технологічних процесів, погіршення якості вугільної продукції та підвищенню собівартості вугілля. Практичний досвід показує, що більшість геотехнічних ускладнень виникає у межах декількох десятків метрів з посуванням очисних вибоїв від монтажної камери за наявності складної будови покрівлі вугільного пласта та гідравлічного тиску у шарах пісковиків.

Тому дисертаційна робота Молдаванова Є.В., що присвячена обґрунтуванню параметрів очисного виймання стовпів в ускладнених гірничо-геологічних умовах на підставі результатів прогнозування закономірностей розподілу конвергенції гірських порід з урахуванням наявності пісковиків у покрівлі при зміні глибини розробки, довжини очисних вибоїв, а також гідростатичного тиску є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого має важливе значення при відпрацюванні покладів вугілля у складних геологічних умовах глибоких горизонтів Західного Донбасу.

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

Дисертаційна робота виконана на кафедрі гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» згідно з Національним планом дій в галузі енергетики до 2030 р. № 687, скоригованим і затвердженим Міністерством енергетики та вугільної промисловості України в 2018 р., та «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI).

3. Аналіз змісту роботи, наукової новизни, практичної вагомості, вірогідності та обґрунтованості отриманих результатів

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літературних джерел зі 129 найменувань на 15 сторінках та 14 додатків на 76 сторінках. Робота містить 168 сторінок основного тексту, 76 рисунків та 23 таблиці, загальний обсяг – 307 сторінок.

Зміст дисертації відповідає її обраній назві.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами й темами, сформульовано мету роботи, завдання та методи досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, а також наведено відомості щодо апробації роботи, її структури та обсягу публікацій.

У першому розділі дисертації «Аналіз вихідних характеристик об'єкта дослідження» приведені результати факторного аналізу чинників, що впливають на характер розподілу конвергенції порід в очисному вибої, аналіз геологічних умов та фізико-механічних властивостей пісковиків, які залягають у покрівлі розроблюваних вугільних пластів.

Здобувачем визначено найбільш ймовірні фактори, які впливають на характер величини розподілу конвергенції бічних порід у лаві та отримано математичну модель – рівняння регресії. Встановлено особливості будови пісковиків та закономірності характеру розподілу випадкових величин, які мають характер розподілу Пуассона та Гаусса, а величини потужності пісковиків, відстані та кутів їх залягання вище пласта мають характер експоненціального розподілу. Виконано кластерний аналіз шахтних полів за спільними гірничотехнічними параметрами та побудовано дендрограму шахтних полів Західного Донбасу.

У другому розділі дисертації «Обґрунтування параметрів проведення експерименту» обґрунтовано використання математичних досліджень зі застосуванням методу скінченних елементів і вибору програмного комплексу SolidWorks 2019. Автором обґрунтовано вибір довжини очисного вибою, глибини розробки та значень потужності пісковиків, величини відстані залягання пісковиків вище покрівлі пласта, відстані відходу очисного вибою від монтажної камери. Наведено значення цих параметрів. Складено план проведення

експерименту за допомогою класичного багатofакторного підходу, який містить 225 експериментів.

Третій розділ дисертації «Результати проведення комп'ютерного моделювання геомеханічних процесів, які проходять в масиві гірських порід у зоні відходу очисного вибою від монтажної камери» присвячено вивченню зміні конвергенції бічних порід в очисному вибої за різних умов залягання пісковиків у покрівлі вугільного пласта та глибини розробки.

Автором визначено вплив пісковиків на конвергенції бічних порід в очисному вибої та встановлено, що різниця між величиною змін мінімальних і максимальних величин конвергенції за різних умов залягання пісковиків у покрівлі вугільного пласта збільшується зі поглибленням гірничих робіт. Визначено, що мінімальні значення конвергенції гірських порід в очисному вибої виявляються за наявності пісковиків потужністю 30 м, які залягають безпосередньо у покрівлі вугільного пласта.

Встановлено, що довжина зони посадки механізованого комплексу «на жорстку базу» від значень конвергенції гірських порід змінюється за експоненціальним законом. Встановлено, що похибка між експериментальними даними та технічними даними шахт Західного Донбасу коливається в межах 11,1 – 18,0%. Це дозволяє прогнозувати використання спеціальних засобів ведення гірничих робіт та планувати вибір раціональної довжини очисного вибою за ефективної технології виймання вугілля.

У четвертому розділі дисертації «Обґрунтування технологічних заходів щодо моніторингу та попередження посадки механізованого кріплення очисних вибоїв «на жорстку базу» наведено результати аналізу геотехнічних даних з виникнення та перебігу явища перевантаження механізованого кріплення очисних вибоїв, причини та наслідки гідростатичного перевантаження механізованого кріплення, яке призводить до жорсткої посадки секцій механізованого кріплення, описано механізм гідростатичного перевантаження механізованого кріплення.

Автором встановлено величину гідравлічного та п'езометричного тиску, узагальнені заходи з мінімізації ризиків осідання механізованого кріплення «на жорстку базу», які не враховують прояви гідростатичного навантаження в основній покрівлі вугільного пласта. Виконано моделювання механізму гідростатичного перевантаження основної покрівлі пласта з метою прогнозування виникнення цього явища. На прикладі відпрацювання пласта С₆ шахти «Степова» ШУ «Першотравневе» показано, що величина навантаження механізованого кріплення може збільшуватись у 2,8 рази і призводить до їх аварійних посадок «на жорстку базу». Вірогідність отриманих результатів прогнозу методом оберненої задачі становить 85,0 – 88,3%.

У п'ятому розділі дисертації «Обґрунтування способів попередження та ліквідації аварійного стану механізованого кріплення у лавах за умов гідравлічного перевантаження основної покрівлі» наведено результати

моделювання застосування двостоякового однорядного кріплення типу Ostroj-70/125 та їх порівняння зі підтримувально-огороджувального чотиристоякового, дворядного механізованого кріплення типу КД-80 та КД-90.

Автором розроблено паспорт моніторингу зняття гідростатичного тиску (гідравлічного розвантаження зони розшарування) шляхом завчасного буріння водовипускних свердловин у покрівлю пласта до сполучення їх з зоною розшарування водостійких порід з колектором для випуску води з них. Запропонована локальна дезінтеграція гірського масиву шляхом використання гідророзриву вуглевмісних порід. Описано практичний досвід застосування гідророзриву та можливість його застосування при відпрацюванні вугільних пластів в умовах шахт Західного Донбасу.

У додатках наведено результати проведення експериментів, моделювання та документі, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи.

Робота викладена грамотно, з використанням сучасного програмного комплексу SolidWorks, є послідовно і логічно завершеною. Оформлення роботи відповідає вимогам ДСТУ - 3008 - 95 «Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення». Назва роботи відповідає її змісту. Обсяг дисертації відповідає встановленим нормам.

Наукова новизна отриманих результатів

У результаті виконання комплексу теоретичних та практичних досліджень щодо використання гідроімпульсної дії автором вперше:

- виконано факторний аналіз гірничотехнічних та фізико-механічних чинників, які впливають на характер розподілу зміни величини конвергенції бічних порід в очисному вибої вздовж лінії улаштування посадкового ряду гідростояків механізованого кріплення в складних умовах шахт Західного Донбасу, що дозволило спростити досліджувану геомеханічну модель для виконання коректного опису геомеханічних процесів, а також підвищити надійність математичних розрахунків шляхом ймовірнісно-статистичних уявлень про природу та механізм посадки основної покрівлі гірських порід в очисному вибої при його відході від монтажної камери;

- на підставі статистичного аналізу геологічних умов розповсюдження, особливостей будови, а також фізико-механічних властивостей пісковиків встановлено характер розподілу Пуассона та Гаусса, таких випадкових величин як: глибина залягання, пористість, показники структурної неоднорідності та межі міцності на одновісний стиск. Зміна величин потужності, щільності, водопритливості, відстані та кутів залягання пісковиків вище покрівлі пласта відповідають експоненціальному розподілу;

- шляхом виконання чисельного моделювання досліджено вплив пісковиків, а також гідростатичного тиску у покрівлі вугільних пластів, на конвергенцію бічних порід в очисному вибої при різній його довжині та глибині розробки у процесі відходу лави від монтажної камери;

- за допомогою комп'ютерного моделювання досліджено вплив довжини лави та глибини розробки на величину зони посадки секцій механізованого кріплення «на жорстку базу» в очисному вибої.

- деталізовано умови виникнення та перебігу явища гідравлічного перевантаження основної покрівлі в умовах шахт Західного Донбасу.

Набула подальшого розвитку просторова комп'ютерна геомеханічна модель виїмкової ділянки з покроковим переміщенням очисного вибою від монтажної камери з урахуванням впливу пісковиків і гідростатичного тиску при різній довжині лави та глибині розробки. Шляхом застосування кластерного аналізу визначено дві однорідні групи шахтних полів за спільними гірничотехнічними та геологічними умовами, що впливають на характер зміни величини розподілу конвергенції бічних порід в очисному вибої.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей характеру розподілу величини конвергенції бічних порід вздовж лінії посадкового ряду гідростояків механізованого кріплення під час посування очисного вибою від монтажної камери з використанням просторового комп'ютерного моделювання та урахуванням впливу пісковиків, а також наявності гідростатичного тиску у покрівлі вугільного пласта, зміни довжини очисного вибою та глибини розробки.

Практичне значення роботи:

1. Для умов конкретних шахтних полів вперше виконано прогноз аварійних ділянок гідравлічного перевантаження механізованого кріплення при синхронному затопленні суміжних шахт.

2. Вперше складено паспорт моніторингу зняття гідростатичного тиску за допомогою свердловин для реальних умов відпрацювання вугільного пласта.

3. Запропоновано спосіб локальної дезінтеграції гірського масиву, а також описано практичний досвід його впровадження та застосування в конкретних умовах.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Ступінь обґрунтованості та вірогідність наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується коректною постановкою статистичного аналізу вихідних даних об'єкту дослідження й вирішенням обернених задач із використанням та проведенням обчислювальних експериментів на науково-обґрунтованих просторових моделях методом скінченних елементів. Вірогідність отриманих результатів прогнозу методом оберненої задачі становить 85,0 – 88,3%, а похибка між експериментальними даними й технічними даними шахт Західного Донбасу коливається в межах 11,1 – 18,0%.

Практичне використання отриманих автором результатів досліджень у вигляді Паспорта моніторингу зняття гідростатичного тиску та «Рекомендацій,

щодо забезпечення від гідростатичного перевантаження кріплення ...», підтверджують обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

5. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи наукові положення та їх новизна викладені у 23 наукових працях, у тому числі 8 статей у фахових наукових виданнях, 6 з яких індексовані у наукометричній базі даних Index Copernicus, 2 статті у виданнях, що індексовані у наукометричній базі даних Scopus та Web of Science, 15 публікацій у збірниках матеріалів всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференцій.

Опубліковані наукові праці написані зрозумілою для фахівців в галузі гірництва мовою. Наприкінці кожної публікації автором зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Стиль оформлення наукових праць відповідають вимогам до дисертацій та демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

6. Зауваження до дисертаційної роботи та дискусійні положення

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю за необхідне зробити перелік зауважень і поставити декілька питань, з приводу яких хотілося б почути думку автора.

1. У першій частині роботи (або вступі, або актуальності) не достатньо повно розкрито проблему складних умов видобутку вугілля в умовах шахт Західного Донбасу з якої слідує актуальна задача, для рішення якої сформульовані мета та напрямки досліджень.

2. В задачі та напрямках досліджень, що поставлені, немає аналізу відомих способів гідравлічної дії на вуглепородний масив і наукових досліджень способів гідророзриву та гідророзчленування масиву за тріщинами кліважу або обґрунтування параметрів цих способів для умов Західного Донбасу, на підставі яких у другому науковому положенні прийнято, що «... зняття гідростатичного тиску висхідними свердловинами та штучним розшаруванням породної покрівлі гідророзривами» та запропоновано використання способу дезінтеграції гірського масиву п.р.5.3.

3. В п.р. 2.2 наведено аналіз програмних комплексів, які працюють на основі методу скінченних елементів, на підставі якого обрано програмний продукт SolidWorks, однак не наведено інформації про наявність ліцензії.

4. В розділах 3 и 4 п.р. 3.1, 3.2; 4.1 та 4.2 позначені як аналіз рішень, а за фактом це є результати досліджень і обґрунтування параметрів моделювання, які виконано автором.

5. На стор. 193-196 в тексті, на рисунках та у таблицях наведені значення кутів буріння свердловин. В промислових умовах неможливо витримати таку

точність буріння. Наприклад позначені кути $4,3^\circ$ або $36,7^\circ$, тому варто вказати межі, наприклад від 4 до 5 або від 36 до 37 градусів.

6. В п.р. 5.1 наведено результати моделювання видів механізованого кріплення в умовах гідравлічного перевантаження на підставі якого пропонується використання водовипускних свердловин і зональної дезінтеграції гірського масиву. Раніше за текстом ці способи не розглядались, немає їх наукового обґрунтування та параметрів, які відповідають умовам Західного Донбасу.

Лише у 5 розділі приділено увагу лише використанню водовипускних свердловин в умовах відпрацювання пласта C_5 шахти «Самарська» протягом 2010 – 2013 років. Далі розглядаються умови використання і моніторингу зняття гідростатичного тиску в умовах відпрацювання пласта C_6 виїмкової дільниці 155 лави шахти «Степова» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Ці результати, а також наведені у п.р. 5.3 не мають наукового обґрунтування, тому їх слід розглядати лише як перспективу розвитку досліджень, якого в дисертації немає. У цьому випадку робота отримує напрямок подальшого розвитку досліджень. Ця пропозиція базується на наступному:

- не зрозуміло який спосіб буде використовуватися при локальній дезінтеграції гідророзрив чи гідророзчленування, до того ж немає параметрів цих способів;

- на рис. 5.7 наведено поперечний вертикальний профіль закладання свердловин зі сторони 155 лави. У випадку проведення гідророзриву або іншого способу гідродії на масив, рідина буде фільтруватися не до свердловини, а по тріщинах падіння шарів порід;

- на рис. 5.10 наведено схему порожнини, як і де було встановлено її контур невідомо. Не вказано напрям падіння пласта по якому буде фільтруватися рідина. Невідомо як буде оцінюватися ефективність процесу гідророзриву і фільтрації рідини. Немає аналізу за яким можливо встановити науково обґрунтовану зону впливу свердловини та початкові дані для моделювання та розробки алгоритму рішення. Автор стверджує, що ця задача достатньо проста і нема потреби детально обґрунтовувати параметри, окрім тиску (стор. 204, 205), а це дуже складна наукова проблема, що містить перелік задач визначення напряму розвитку тріщин та фільтраційних процесів;

- наведені схеми буріння свердловин рис. 5.12, 5.13, табл. 5.5 не мають наукового обґрунтування параметрів;

- не зрозуміло яким чином в промислових умовах контролюється процес гідророзриву та його механізм при розкритті тріщин кліважу.

7. В основних висновках по роботі приведено 25 позицій, варто виділити 10-12 найбільш вагомих результатів досліджень.

8. Крім зазначених зауважень у роботі мають місце незначні неточності та помилки друку. Наприклад: ключові слова треба писати великими літерами; на стор. 163 написано: « ... напір водоносного горизонту становить 52 м», треба 52 м вод. ст., та інші.

Після аналізу результатів досліджень, що наведені в роботі, у мене з'явилося декілька дискусійних питань.

Наприклад, стосовно інтерпретації складних гірничо-геологічних процесів, що розглядаються:

- відсутнє зіставлення отриманих параметрів конвергенції порідних покрівель з базовими уявленнями про «легкі» та «важкі» покрівлі;

- не є вдалим узагальненням про вплив глибини ведення очисних робіт з геотехнічними проявами в лавах, де розвивається багатофакторний процес взаємодії породних покрівель і механізованого кріплення;

- автор з невідомих аргументів узагальнив значення потужності пісковиків, що дорівнює 30 м, як граничний параметр поділу геотехнічного стану системи «лава – породна покрівля».

Наступне – на рис. 4.3 та 4.4. наведено геологічну будову покрівлі пласта де бачимо, що над аварійними ділянками лави гіпсометрія залягання пісковиків змінюється. Цей фактор впливає на зміну НДС масиву та газодинамічний стан вугільних пластів в інших умовах шах Донбасу. Ймовірно, що він також буде впливати й на гідростатичний тиск.

В роботі розглядаються питання щодо напрямку заколу порід в покрівлі очисного вибою (закол у напрямку завалу або в напрямку вибою), кута закладення лінії очисного вибою стосовно тріщин кліважу та гідророзриву за тріщинами кліважу. Це складні технологічні процеси, які досі потребують обговорення і додаткових наукових досліджень.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

При вивченні результатів дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності та її принципів не було виявлено.

8. Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Оцінюючи результати досліджень вважаю, що мета роботи досягнута, а завдання, що поставлені, виконано у 1-4 розділах. Пропоную розділ 5 розглядати як перспективу розвитку результатів досліджень. На підставі цього друге наукове положення слід завершити після слів «... а також є інструментом оптимізації попередження аварій шляхом прогнозного геотехнічного моніторингу.».

В цілому дисертаційна робота Молдаванова Є.В. «Обґрунтування параметрів очисного виймання в геомеханічних зонах монтажних камер глибоких горизонтів шахт Західного Донбасу», являє собою закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить рішення науково-технічне завдання обґрунтуванні параметрів очисного виймання в геомеханічних зонах монтажних камер з урахуванням пісковиків, а також гідростатичного тиску у покрівлі вугільного пласта, довжини очисного вибою, глибини розробки, відстані відходу очисного вибою від монтажної камери. Результати роботи дозволили розробити рекомендації щодо технологічного удосконалення видобутку вугілля із вельми тонких вугільних пластів у складних умовах шахт Західного Донбасу, а також мінімізувати

аварійні випадки, пов'язані з посадкою секцій механізованого кріплення «на жорстку базу» і тим самим підвищити ефективність видобутку кам'яного вугілля.

Зазначені зауваження, дискусійні моменти та висловлені мною пропозиції не впливають на ступінь наукової новизни та практичну вагомість отриманих в дисертаційній роботі результатів, не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки виконаного дисертаційного дослідження. Зроблені автором висновки та положення, що виносяться на захист, добре обґрунтовані, логічно випливають з отриманих даних, відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

Вважаю, що дисертаційна робота Молдаванова Євгена Вячеславовича «Обґрунтування параметрів очисного виймання в геомеханічних зонах монтажних камер глибоких горизонтів шахт Західного Донбасу», задовольняє всім вимогам, що передбачені наказом Міністра освіти та науки України від 12.07.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та постановою Кабінету міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії ...» (пункти 5,6,8).

За встановлення закономірностей характеру розподілу величини конвергенції бічних порід вздовж лінії посадкового ряду гідростояків механізованого кріплення під час посування очисного вибою від монтажної камери з урахуванням впливу пісковиків та наявності гідростатичного тиску у покрівлі вугільного пласта, зміни довжини очисного вибою та глибини розробки, а також розробку паспорт моніторингу зняття гідростатичного тиску за допомогою свердловин для реальних умов відпрацювання вугільних пластів, **Молдаванов Євген Вячеславович** заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 – «Гірництво».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, с.н.с.,
завідувач відділу проблем технологій
підземної розробки вугільних родовищ
ІГТМ НАН України

В.В. Зберовський

Підпис д.т.н. Зберовського В.В.
засвідчую:
Учений секретар ІГТМ НАН України
доктор техн. наук, професор



В.Г. Шевченко