

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора
Бондаренка Володимира Ілліча на дисертаційну роботу

Зберовського Василя Владиславовича

«Розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин»

1. Актуальність проблеми і її зв'язок з державними і галузевими програмами

До теперішнього часу вибухи метану і пилу, раптові викиди вугілля і газу призводять до катастрофічних наслідків. Однією з причин цих катастроф є зниження ефективності профілактичних заходів. Тому дослідження небезпечних і шкідливих явищ, що виникають при веденні гірничих робіт на викидонебезпечних вугільних пластах, розробка нових способів запобігання газодинамічним явищам, а також методів їх контролю і оцінки ефективності, відносяться до найбільш складних проблем вугільної галузі.

Аналіз відомих технічних рішень показує, що підвищення інтенсифікації гірничих робіт і ефективності способів запобігання ГДЯ неможливе без урахування закономірностей процесів що виникають під впливом техногенних чинників.

Використання кавітаційних генераторів в технологічному процесі гідророзпушування вугільних пластів підтвердило можливість розробки безпечних, екологічно чистих і малоенергоємних технологій інтенсифікації гірничих робіт. Однак вплив техногенних чинників на ініціювання процесу саморуйнування і газовиділення, як і раніше, не достатньо вивчено. Малодосліджені процеси зміни стану вугілля під проявом деформацій зсуву і зміни напружено-деформованого стану викидонебезпечного пласта при його гідророзпушуванні попереду вибою виробки, відсутня методологія розрахунку параметрів і методів контролю гідроімпульсної дії.

Тому, розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти з урахуванням закономірностей зміни стану викидонебезпечного вугілля під проявом деформаційних процесів і додаткового навантаження від імпульсного нагнітання рідини та розробка способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечного пласта і керування його станом є **актуальною науковою проблемою** в області підземного видобутку вугілля, що має важливе значення для створення нових екологічно чистих технологій інтенсифікації гірничих робіт.

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

Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетних тем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України: №3 «Теоретичні

основи зсуву масиву гірничих порід і управління деформаційними процесами при підземній виїмці вугілля» (РК 0103U004307), № III-36-07 «Техніко-технологічне рішення інтенсифікації газовиділення і зниження пилоутворення гідроімпульсною дією на газонасичені пласти при підземному видобутку вугілля» (РК 0107U002004) і № III-63-12 «Обґрунтування методів розрахунку параметрів пристрою гідроімпульсної дії на вугільні пласти (ГР 0112U000493), а також 7 тем за господарською тематикою з ПАТ «Краснодонвугілля»: № 339 (2007 г.), № 289 (2008 р.), № 53 (2009 р.), № 234 (2010 р.), № 165 (2011 р.), № 205 (2012 р.), № 212 (2013 р.), в яких автор був відповідальним виконавцем.

3. Наукова новизна, ступінь обґрунтованості і вірогідності отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів

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

- встановлено, що при гідророзпушуванні викидонебезпечних вугільних пластів, тиск нагнітання рідини визначається з урахуванням тиску гідровіджиму пласта в залежності від глибини буріння і герметизації свердловини, що дозволяє встановити граничне значення тиску нагнітання рідини в свердловину при гідроімпульсній дії.

- обґрунтовано і експериментально підтверджено механізм переведення викидонебезпечного вугільного пласта у безпечний стан під впливом гідроімпульсної дії, при якій навколо фільтраційної частини свердловини у вугільному пласті виникає високочастотна гідроімпульсна вібрація, яка призводить до складних взаємопов'язаних процесів зміни напружено-деформованого стану пласта, розвитку різнопохилого тріщиноутворення і інтенсивної фільтрації метану, що дозволяє внаслідок дегазації і зміни властивостей вугілля попереду вибою завчасно, до глибини буріння свердловин, створити безпечну зону і збільшити швидкість проведення виробки в 2-3 рази.

- експериментально встановлено, що при зміні тиску нагнітання періодично-зривна течія рідини, що виникає в кавітаційному генераторі, має початкову, стійку і затухаючу стадії і реалізується в фільтраційній частині свердловини у вигляді високочастотної гідроімпульсної вібрації, що дозволило встановити межі робочих діапазонів режимів гідроімпульсній дії в залежності від глибини залягання викидонебезпечних вугільних пластів.

- визначено, що в межах робочих діапазонів режимів імпульсного нагнітання рідини активна стадія гідроімпульсного розпушування пластів характеризується закономірностями зміни максимальних значень розмаху автоколивань тиску від тиску гідроопору вугілля, що дозволяє контролювати процес гідророзпушування за амплітудно-частотним спектром звукового супроводу роботи генератора і процесу тріщиноутворення.

- встановлені граничні кути прояву деформацій і кути розриву порід (розвитку максимальних деформацій) при зміні опорного гірського тиску під

впливом гірничих робіт, які відповідають стадіям зародження та завершення деформаційних процесів в геологічній товщі на пластах, що подроблюються або надроблюються, і описуються логарифмічними рівняннями та дозволяють встановити у часі і просторі техногенні зони, в яких формуються умови трансформації викидонебезпечного вугілля.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджуються коректністю поставлених завдань, які базуються на сучасних уявленнях щодо стану газонасиченого вуглепородного масиву та вугільного пласта, теоріях зсуву подробленого масиву і гідродинаміки, великим об'ємом експериментальних даних і результатами гірничо-експериментальних робіт при гідророзпушуванні викидонебезпечних вугільних пластів з підтвердженням їх адекватності нормативними методами контролю у вибоях підготовчих виробок.

Методи контролю динамічних параметрів гідроімпульсної дії і стану викидонебезпечності вугільного пласта у вибою виробки ґрунтуються на використанні сучасних приладів, засобів та статистичного аналізу із застосуванням електронно-обчислювальної техніки при обробці результатів лабораторних і гірничо-експериментальних досліджень, що базуються на методах механіки суцільних середовищ, фільтрації рідини і газу, чисельного моделювання з використанням методу кінцевих елементів.

Отримані автором акти апробації та впровадження результатів досліджень підтверджують обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації.

4. Значення роботи для науки і практики

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни стану вугільної речовини під проявом деформацій зсуву в геологічній товщі і попереду вибою підготовчої виробки під впливом додаткового навантаження від зміни динамічних параметрів гідроімпульсної дії, в залежності від тиску підпору рідини в свердловині, зміни гідравлічних параметрів режимів імпульсного нагнітання рідини від глибини розробки вугільного пласта, що дозволило обґрунтувати параметри і розробити спосіб гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів з метою курування станом системи вугілля-газ та створення безпечних умов праці у вибоях підготовчих виробок.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено метод розрахунку параметрів і контролю гідроімпульсної дії на вугільні пласти.
2. Розроблено методику проведення гірничо-експериментальних робіт гідроімпульсної дії на вугільні пласти при проведенні підготовчих виробок;
3. Розроблено технічне завдання стандарту СГУ-П «Правила ведення гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів при проведенні виробок комбайнами»;

4. Розроблено програма і методика приймальних випробувань способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів при проведенні виробок комбайнами в умовах ПАТ «Краснодонвугілля»;

5. Розроблено спосіб гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів у вибоях підготовчих виробок;

6. Розроблено методика проведення приймальних (промислових) випробувань способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів крутого падіння при буропідривному способі проведення виробок.

Результати науково-дослідних робіт у якості методичних рекомендації і технологічно-проектної документації впроваджені на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля, у навчальному процесі ДВНЗ «Національний гірничий університет» при підготовці методичного забезпечення напрямів підготовки студентів за спеціальностями 263 – «Цивільна безпека» та 184 – «Гірництво», що підтверджується Актами впровадження і використання результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт.

5. Аналіз змісту дисертації

Оцінюючи наукові результати, слід відмітити наступне.

В 1 розділі, на підставі виконаного аналізу способів запобігання газодинамічних явищ, будови, складу і технологічних властивостей вугілля автор визначив, що гіпотези і уявлення про систему вугілля-газ в тріщинопористій структурі вугільних пластів не дозволяють пояснити і обґрунтувати об'єми газовиділення при саморуйнуванні вугілля, які призводять до катастрофічних наслідків. Відмічено, що немає обґрунтування параметрів способу гідроімпульсного розпушування і методів його контролю за оцінкою безпеки ведення гірничих робіт. Виходячи з цього їм сформульовані мета роботи, задачі і методи їх досліджень.

В 2 розділі приведено гіпотеза структуроутворення системи вугілля-газ, розглянуто модель організації макромолекули вугільної речовини і генерації метану під впливом техногенних чинників у взаємозв'язку з параметрами зсуву підробленого масиву гірничих порід. Встановлено, що зміна стану системи вугілля-газ в геологічній товщі відбувається під проявом деформацій зсуву, зона впливу яких обмежується граничними кутами прояву деформацій стиснення і кутами розвитку максимальних деформацій та супроводжується генеруванням макромолекулою вугільної речовини до 14 молекул метану, що підвищує ймовірність прояву газодинамічних явищ.

В 3 розділі розглянуто стан крайової частини пласта і системи вугілля-газ під впливом техногенних чинників та нагнітання рідини у вугільний пласт. Запропоновано модель розрахунку тиску гідровіджиму при гідроімпульсному розпушуванні, як критерію стійкості системи вугілля-газ у вибоях підготовчих виробок.

На зразках проб викидонебезпечних пластів, що розробляються на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля», виконані дослідження міцнісних

характеристик вугілля, які характеризують межу опору вугілля зсуву. Встановлено, що значення коефіцієнтів або кутів внутрішнього тертя викидонебезпечного вугілля, як в площині перпендикулярно, так і паралельно прошаркам, що складають пласт, незалежно від напрямку руйнуючого навантаження, яке додається, в рівній мірі характеризують межу опору вугілля зсуву, що дозволяє визначати зусилля ініціювання тріщин зсуву по одному з напрямків навантаження.

Обґрунтовано діапазон тиску імпульсного нагнітання рідини для умов ведення гірничих робіт на глибинах від 600 до 1300 м, який складає від 8 до 23 МПа. Визначені параметри нагнітання рідини при максимальних значеннях розмаху автоколивань тиску на підставі яких встановлені залежності розмаху і частоти автоколивань від тиску нагнітання, підпору і витрати рідини.

Встановлено, що керування станом системи вугілля-газ в крайовій частині викидонебезпечного вугільного пласта забезпечується зміною динамічних параметрів гідроімпульсної дії, які взаємозв'язані з тиском гідроопору вугільного пласта і гідравлічними параметрами нагнітання рідини. Встановлено критерій контролю і оцінки ефективності способу. Розглянуто механізм передачі імпульсів тиску рідини вугільному пласту.

Виконані дослідження дозволили обґрунтувати динамічні параметри гідроімпульсної дії на викидонебезпечний вугільний пласт.

В 4 розділі приведені результати досліджень закономірностей розвитку частоти і розмаху автоколивань при моделюванні процесу імпульсного нагнітання рідини на гідравлічному стенді. Дослідження параметрів періодично-зривної течії рідини при різних геометричних параметрах кавітаційного генератора ГК-2,5 дозволили встановити стадії розвитку, стійкої і затухаючої кавітації та обґрунтувати активну стадію гідроімпульсної дії.

Встановлено, що з урахуванням глибини залягання вугільного пласта, межі діапазону тиску нагнітання рідини при гідроімпульсній дії на викидонебезпечний вугільний пласт складають $0,52 \gamma H \leq P_n \leq 0,75 \gamma H$.

Визначено, що режим нагнітання рідини з тиском до 15 МПа має періоди зародження, стійкої і затухаючої кавітації, а при тиску більше ніж 15 МПа в свердловині реалізується кавітаційний режим з початковим розмахом автоколивань $\approx 5,0$ МПа і частотою ≈ 1 кГц, що при зміні тиску підпору рідини до 0,82 тиску нагнітання призводить до автономної роботи генератора.

В 5 розділі приведені результати гірничо-експериментальних досліджень параметрів гідророзпушування викидонебезпечних вугільних пластів в умовах шахт ПАТ «Краснодонвугілля» і методів їх контролю.

Відмічено, що дослідження виконані у 8 вибоях підготовчих виробок. При запланованих 10 циклах гідророзпушування виконано 35 циклів по нормативній методиці і 30 циклів в режимі імпульсного нагнітання рідини. При проведенні досліджень пройдено понад 1,2 км виробок. Це свідчить про суттєвий об'єм практичних досліджень і їх достовірність.

Слід відмітити, що вперше в практиці гідророзпушування виконано дослідження критерію контролю гідроімпульсної дії за тиском підпору рідини у

фільтраційній частині свердловини. Встановлено активну стадію розпушування пласта, яка контролюється апаратурою АПСС-1 та ЗУА-98.

Досить цікавими є результати досліджень зміни напружено-деформованого стану (НДС) крайової частини вугільного пласта за результатами гірничо-експериментальних досліджень із застосуванням чисельного моделювання.

Встановлено, що гідроімпульсна дія на викодонебезпечний вугільний пласт призводить до прояву складних взаємопов'язаних послідовно виникаючих в масиві процесів, що включають зміну напружено-деформованого стану крайової частини пласта під впливом високочастотної гідроімпульсної вібрації і його дегазацію внаслідок інтенсивного тріщиноутворення і фільтрації метану, що дозволяє створити попереду вибою виробки безпечну зону та збільшити швидкість її проведення в 2-3 рази.

В 6 розділі наведено результати гірничо-експериментальних досліджень, на підставі яких розроблено методику проведення приймальних (промислових) випробувань способу гідроімпульсного розпушування викодонебезпечних вугільних пластів.

Промислові випробування виконані в умовах пласта l_6 – «Ізвестнячка-захід» у вибої відкатного штреку гор. 1146 м ВП «Шахта Центральна» ДП «Торецьквугілля». Проведені дослідження підтвердили параметри і критерії оцінки ефективності гідроімпульсної дії.

Отримані результати дозволили розробити технологічні схеми способу гідроімпульсного розпушування викодонебезпечних вугільних пластів при проведенні підготовчих виробок і встановити напрямки його подальшого розвитку. Економічна ефективність, що очікується при використанні гідроімпульсної дії у вибоях підготовчих виробок, складає 1,3 млн. грн. в рік на один комбайн.

Додатки містять копії документів, які підтверджують актуальність проблеми, апробацію результатів досліджень, використання технічних рішень і рекомендацій та їх впровадження в умовах шахт ПАТ «Краснодовугілля» і ДП «Торецьквугілля».

6. Зауваження по роботі

По змісту дисертаційної роботи маються наступні зауваження.

1. У першому розділі роботи розглядаються результати досліджень стану метану у тріщино-поровому просторі вугілля. Було б доцільно доповнити ці дослідження аналізом газогідратного стану метану і його трансформації.

2. Автор у розділі 2 розглядає елементний склад макромолекул вугільної речовини різних стадій углефікації і зміну їх відношення в різних областях локалізації вкопної органіки. На підставі чого формулює висновок о можливості метаногенерації води и метану при руйнуванні вугілля. Цей висновок цікавий, однак потребує подальшого аналізу і досліджень.

3. В пп. 2.4 дисертації приведені залежності і встановлені техногенні зони, в яких формуються умови трансформації викодонебезпечного вугілля.

Однак, в подальшому, в роботі не показано де використані ці результати досліджень.

4. В розділі 4 приведені результати досліджень тільки одного типу генератора ГК-25, чому?

5. В розділі 5 приведено дуже багато таблиць з результатами гірничо-експериментальних досліджень. Деякі з них бажано було б перенести в Додатки.

6. В пп. 5.2 відмічено, що при гідророзпушуванні вміст метану в повітрі у вибою виробки складав 5-6%. Яким чином в цих умовах забезпечувалась безпека праці.

7. В таблиці 5.9 приведені результати досліджень зони розвантаження попереду вибою виробки при роботі комбайна, при статичному та імпульсному режимах нагнітання рідини, після чого відмічено, що далі виробка проводилась буропідривним способом, а досліджень зони розвантаження немає. Було б цікаво розглянути зіставлення цих досліджень з тими, що розглянуто.

Зазначені зауваження та недоліки не знижують позитивну оцінку роботи, не впливають на ступінь наукової новизни та практичної значимості отриманих в дисертаційній роботі результатів.

7. Висновки до розділів та за результатами роботи

Дисертаційна робота написана ясною та зрозумілою для фахівців мовою. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Стиль, мова, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам ДСТУ - 3008 - 95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Назва роботи цілком відповідає її змісту. Обсяг дисертації та автореферату відповідає встановленим нормам до докторських дисертацій.

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові висновки демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати досягнення теоретичних та практичних результатів роботи.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин у контексті напрямку «Керування станом масивів гірських порід ... поліпшення інших умов розробки родовищ; розроблення методології, методик і розрахункових методів ... й іншими фізико-технічними способами».

Результати наукових досліджень та наукові положення, що приведені в кандидатській дисертації Зберовського В.В. на тему «Розробка способу зниження викидонебезпечності вугільних пластів гідродинамічною дією в нижній частині смуг, що відробляються щитовими агрегатами», представлену

за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин», не виносяться на захист у його докторській дисертації.

8. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові положення та результати дисертації опубліковані в 42 наукових працях, з них: 2 – монографії; 29 – у спеціалізованих фахових виданнях (6 з яких входять до наукометричних баз та надруковані в іноземних журналах), 7 – у збірниках наукових праць та доповідях на міжнародних конференціях, 4 патенти України, 12 робіт без співавторів.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Зберовського В.В. за темою «Розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти», є завершеною науковою працею, що в сукупності вирішує актуальну науково-прикладну проблему в галузі підземної розробки родовищ корисних копалин – встановлення закономірностей зміни і механізму переведення системи вугілля-газ в безпечний стан під проявом деформаційних процесів у геологічній товщі і попереду вибою підготовчої виробки під впливом додаткового навантаження пласта шляхом зміни динамічних параметрів імпульсного нагнітання рідини, що дозволило обґрунтувати параметри і розробити спосіб гідроімпульсного розпушування викидонебезпечного вугільного пласта з метою керування його станом та створення безпечних умов праці у вибоях підготовчих виробок.

Дисертація повністю відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин» та вимогам п.п. 9, 11-14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор **Зберовський Василь Владиславович** заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин».

Завідувач кафедри підземної розробки родовищ
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка» МОН України,
доктор технічних наук, професор



(Signature)
В.І. Бондаренко

Підпис *Бондаренка В.І.*
засвідчую:
вчений секретар
Вченої ради *Васильова О.А.*
Григорук