

ВІДГУК

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

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

Детальний аналіз дисертації Зберовського В.В. «Розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти» дозволяє визначити наступні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена тим, що від досліджень, в яких вирішено актуальну наукову проблему – 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 з метою керування його станом, залежить безпека праці шахтарів при виїмці вугілля у вибоях виробок і створення нових екологічно чистих технологій інтенсифікації гірничих робіт.

Дослідження небезпечних і шкідливих явищ, що виникають при веденні гірничих робіт на викидонебезпечних вугільних пластах, розробка нових способів запобігання ГДЯ, а також методів їх контролю і оцінки ефективності, відносяться до найбільш складних проблем вугільної галузі України. Випадки ГДЯ з катастрофічними наслідками відбуваються до теперішнього часу. Тому в небезпечних зонах застосовують струсне підривання, що призводить до збільшення витрат та часу видобутку вугілля і зниження швидкості проведення виробок з 6 до 2 метрів на добу.

Явище газодинамічного саморуйнування і реакція викидонебезпечного вугільного пласта на його динамічне навантаження постійно досліджуються, але з деяких питань носять дискусійний характер. Підхід до зміни стану вуглегазового пласта з позиції взаємодії твердої і газоподібної складових системи вугілля-газ дозволив вирішити ряд науково-практичних задач. Наприклад, явище газодинамічного саморуйнування ефективно використовується при гідродинамічній дії через свердловини, а при гідророзпушуванні пластів найефективнішим є використання імпульсного нагнітання рідини в режимі періодично-зривної кавітації.

Однак, до теперішнього часу вплив техногенних чинників на ініціювання процесу саморуйнування і газовиділення вивчено недостатньо. Малодосліджені процеси зміни стану системи вугілля-газ під проявом деформацій зсуву в

геологічній товщі і попереду вибою підготовчої виробки, зміни напружено-деформованого стану викидонебезпечного пласта при його гідророзпушуванні. Відсутня методологія розрахунку параметрів і методів контролю гідроімпульсної дії, не розроблено спосіб і технологічні схеми гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів.

Тому дисертаційна робота Зберовського В.В., що присвячена розвитку науково-технічних основ гідроімпульсної дії та розробки способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечного пласта з метою керування його станом є актуальною науково-прикладною проблемою.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі анотації, вступу, шість розділів з переліком використаних джерел, загальних висновків і семи додатків. Загальний обсяг роботи становить 475 сторінок, зокрема основний текст роботи – 291 стор., список використаних джерел, що містить 234 найменувань – 35 стор., 91 сторінку займають додатки.

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», в яких автор був відповідальним виконавцем.

Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичної значимості достовірності та обґрунтованості отриманих результатів.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами і 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 приведені відомості про дослідження існуючих і розробку нових способів запобігання газодинамічних явищ, а також взаємодії вугілля і газу. Виконано комплексний аналіз результатів досліджень: структурно-текстурної будови, складу і технологічних властивостей вугілля; поверхні вугілля, як межі розділу середовищ; стану системи вугілля-газ в тріщино-пористій структурі вугілля і як твердого вуглегазового розчину; способів і засобів підвищення безпеки ведення гірничих робіт на викидонебезпечних пластах.

Встановлено, що відомі гіпотези і уявлення про систему вугілля-газ не дозволяють пояснити і обґрунтувати об'єми газовиділення при саморуйнуванні вугілля, які призводять до катастрофічних наслідків. Відзначено, що найскладніше проблема газодинамічного чинника розв'язується на нерозвантажених гірничими роботами викидонебезпечних пластах, де найбільш

ефективним для підвищення безпеки ведення гірничих робіт є імпульсне нагнітання рідини. Виходячи з цього сформульовані мета роботи, задачі і методи їх досліджень.

У другому розділі розглянуто гіпотеза формування системи вугілля-газ, як природного вуглегазового середовища, чинники зовнішньої дії на вуглегазовий масив у взаємозв'язку з параметрами зсуву підробленого масиву гірничих порід. Графоаналітичним методом встановлені граничні кути прояву деформацій і кути нахилу кривої розвитку максимальних деформацій, які відповідають кутам розриву гірських порід, зміна напружень, які виникають при веденні гірничих робіт в геологічній товщі. Встановлено, що зміна стану системи вугілля-газ в геологічній товщі при надробленні та підробленні викидонебезпечних пластів відбувається під впливом деформацій зсуву за логарифмічними залежностями прояву граничних кутів деформацій і кутів розриву порід від відстані між пластами, що дозволяє встановити у часі і просторі зони зміни опорного гірського тиску, в яких формуються умови трансформації викидонебезпечного вугілля.

У третьому розділі розглянуто стан крайової частини пласта під впливом техногенних чинників і нагнітання рідини, обґрунтовані параметри динамічного навантаження при гідророзпушуванні викидонебезпечних вугільних пластів відповідно глибини їх залягання, виконано розрахунок тиску гідровіджиму, як критерію граничного стану крайової частини пласта при нагнітанні рідини. На підставі експериментальних досліджень встановлено що зусилля ініціювання тріщин зсуву при навантаженні викидонебезпечних вугільних пластів в гірничо-геологічних умовах не залежить від напрямку стискаючого і руйнуючого навантаження, що додається.

Визначені параметри генератора ГК-2,5 при нагнітанні рідини від 5 МПа до 30 МПа, встановлено режим стійкої кавітаційної течії рідини за генератором, залежності розмаху і частоти автоколивань від тиску нагнітання, підпору і витрати рідини. Розглянуто механізм передачі імпульсів тиску вугільному пласту навколо свердловини і напрямі розвитку тріщин.

Встановлено, що керування станом системи вугілля-газ в крайовій частині викидонебезпечного вугільного пласта забезпечується зміною тиску автоколивань рідини, які лінійно залежать від тиску підпору рідини в свердловині, а тиск нагнітання лінійно залежить від максимальних значень розмаху автоколивань, при цьому зміна тиску підпору рідини в свердловині призводить до розвитку активної стадії гідророзпушування, завершення якої є критерієм контролю ефективності гідроімпульсної дії.

Четвертий розділ присвячено дослідженням закономірностей розвитку частоти і розмаху автоколивань при моделюванні процесу імпульсного нагнітання рідини. встановлені стадії розвитку, стійкої і згасаючої кавітації, що дозволило обґрунтувати активну стадію гідроімпульсної дії і тиск нагнітання рідини в залежності від глибини залягання пласта.

У п'ятому розділі приведено результати гірничо-експериментальних робіт, розглянуто методи контролю параметрів гідророзпушування. Виконана оцінка безпеки ведення гірничих робіт шляхом зіставлення ефективності

гідророзпушування при статичному і імпульсному нагнітанні рідини за наслідками контролю газодинамічного стану вугільного пласта у вибої виробки нормативними методами контролю: по початковій швидкості газовиділення з контрольних шпурів, за контролем акустичного сигналу системою АПСС-1; за контролем акустичної емісії апаратурою ЗУА-98. За результатами гірничо-експериментальних досліджень, із застосуванням чисельного моделювання розглянуто зміну напружено-деформованого стану (НДС) крайової частини вугільного пласта. Такий підхід дозволив врахувати наявність в тріщино-поровому просторі вугільного пласта метану і зміну фільтраційної проникності вугілля при його динамічному навантаженні.

У шостому розділі наведено загальний об'єм і середньостатистичні результати гірничо-експериментальних досліджень і промислових випробувань способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів. Отримані результати дозволили розробити технологічні схеми і подальший розвиток результатів досліджень. Приведено розрахунок економічної ефективності, яка очікується при використанні способу у вибоях підготовчих виробок.

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 підроблюються або надроблюються, і описуються логарифмічними рівняннями та дозволяють встановити у часі і просторі техногенні зони, в яких формуються умови трансформації викидонебезпечного вугілля.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено методологію розрахунку параметрів і контролю гідроімпульсної дії, у якій розглянута:

- методика розрахунку динамічних параметрів пристрою гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти;

- методика визначення кутів зовнішнього і внутрішнього тертя вугілля викидонебезпечних пластів ПАТ «Краснодонвугілля»;

- методика розрахунку параметрів кавітаційного генератора;

- методика розрахунку параметрів зв'язаних процесів зміни стану двофазної фільтрації води і метану при нагнітанні рідини у вугільний пласт;

2. Розроблено методику проведення гірничо-експериментальних робіт гідроімпульсної дії на вугільні пласти при проведенні підготовчих виробок;

3. Розроблено Технічне завдання на розробку стандарту СГУ-П «Правила ведення гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів при проведенні виробок комбайнами»;

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

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

6. Розроблена методика і виконані приймальні (промислові) випробування способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів крутого падіння при буропідливному способі проведення виробок.

Результати науково-дослідних робіт впроваджені як методичні рекомендації і технологічно-проектна документація 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.

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

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи коректністю поставлених завдань, які базуються на сучасних уявленнях щодо стану газонасиченого вуглепородного

масиву та вугільного пласта, теоріях зсуву підробленого масиву і гідродинаміки, великим об'ємом експериментальних даних з обробкою і аналізом результатів досліджень на ПЕОМ, відносно погрішністю експериментальних і теоретичних даних не більше 20%, 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 пласті у вибою виробки базуються 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.

Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації. Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки.

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

Основні результатами дисертаційної роботи наукові положення та їх новизна викладені в 42 наукових працях, з яких: 2 – монографії; 29 – у спеціалізованих фахових виданнях (6 з яких входять до наукометричних баз та надруковані у іноземних журналах), 7 – у збірниках наукових праць та доповідей на міжнародних конференціях, 4 патенти України, 12 робіт без співавторів.

Редакційний аналіз. Робота викладена грамотно, з використанням сучасної термінології, є послідовно і логічно завершеною. Оформлення роботи відповідає 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.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі.

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити ряд зауважень і поставити декілька запитань, з приводу яких хотілося б почути думку автора:

1. В роботі зустрічаються категоричні висловлювання і некоректні терміни. Наприклад:

- «Не викликає сумнівів факт». Якщо сумнівів не викликає, то навіщо далі це розтлумачувати? Взагалі, цікавість і сумніви є каталізатори розвитку науки;

- «баланс енергетичних сил» або «рівновага енергетичних сил». Таке поєднання фізичних термінів некоректне.

2. На стор. 30 написано «...явище газодинамічного саморуйнування ефективно використовується при гідродинамічній дії ...».

Використання терміна «саморуйнування» некоректно, коли мова йде про руйнування, спровоковане штучним впливом на пласт.

3. На стор. 59. написано «... рух газу підкоряється закону Генрі».

Закону Генрі підкоряється не рух газу, а його розчинність у вугіллі.

4. На стор. 61. написано «Модель тріщино-порової структури вугілля так само не відповідає умовам великих глибин».

Треба було відзначити, що в умовах великих глибин додатково необхідно враховувати ще і абсорбований, тобто сорбований в молекулярних порах метан. Який по формі існування трактують як розчинений у вугіллі.

5. На стор. 95 в формулі (2.1) $nCC_4 \frac{\text{каталізатор}}{\text{іони металів}} Cn_{уг} + 2nH_2$ помилка. Треба писати CH_4

6. На стор. 40. написано «Відомо, що на великих глибинах під впливом техногенних чинників в геологічній товщі гірських порід відбуваються трансформаційні процеси, які приводять до структурних перетворень викидонебезпечного вугілля».

Треба надати посилання кому це відомо ?

7. На стор.69 написано «Не досліджувалося головне – фізична суттєвість системи вугілля-газ, властивості якої в рівній мірі залежать від її компонентів: твердої – вугільної речовини і газоподібної – метану, які у викидонебезпечному вугіллі складають єдине вуглегазове середовище.

Це також категоричне висловлювання.

Що до фізичної суті: маємо начебто єдине ціле, але є дві компоненти – одна рухома, а друга нерухома. Тобто маємо дві фази, взаємодію яких мало досліджено. До речі: дослідження, на яких базуються уявлення про вугле-метановий розчин, проводились на зразках, які знаходились у відкритій системі.

8. На стор. 70 написано «В решті випадків об'єм газовиділення перевищував розрахункове в 3...5 разів, а в трьох випадках більш ніж на порядок».

Нашими дослідженнями встановлено, що об'єм адсорбованого метану на вугіллі в гранулах розміром 20 мкм може складати до 90 м³/т. Тобто це альтернативне пояснення аномального газовиділення.

Крім зазначених зауважень у роботі мають місце незначні неточності і помилки друку. Проте зазначені недоліки та зауваження принципово не впливають на ступінь наукової новизни та практичної значимості отриманих в дисертаційній роботі результатів. Зроблені автором висновки і положення, що виносяться на захист, добре обґрунтовані, логічно впливають із отриманих даних і відповідають поставленій меті й завданням дослідження.

Наукові положення та результати наукових досліджень кандидатської 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.

Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота Зберовського В.В. «Розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти», являє собою закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливої наукової проблеми в галузі підземної розробки родовищ корисних копалин – встановлення закономірностей зміни і механізму переведення системи вугілля-газ в безпечний стан під проявом деформаційних процесів в 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.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин» (технічні науки).

Наведені результати можна класифікувати як нові і обґрунтовані, вони мають наукове і практичне значення для створення нових екологічно чистих технологій інтенсифікації гірничих робіт та підвищення безпеки праці шахтарів.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення, дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», 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 відділу
фізики вугілля і гірничих порід
Інституту фізики гірничих процесів
НАН України
доктор технічних наук
07.03.2019 р.

 В.О. Васильковський

Підпис д.т.н. Васильковського В.О.
засвідчує
Вчений секретар ІФГ НАН України
д.т.н.,





Н. О. Калугіна

Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота Зберовського В.В. «Розвиток науково-технічних основ гідроімпульсної дії на викидонебезпечні вугільні пласти», являє собою закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливої наукової проблеми в галузі підземної розробки родовищ корисних копалин – встановлення закономірностей зміни і механізму переведення системи вугілля-газ в безпечний стан під проявом деформаційних процесів в 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.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин» (технічні науки).

Наведені результати можна класифікувати як нові і обґрунтовані, вони мають наукове і практичне значення для створення нових екологічно чистих технологій інтенсифікації гірничих робіт та підвищення безпеки праці шахтарів.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення, дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», 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 відділу
фізики вугілля і гірських порід
Інституту фізики гірничих процесів
НАН України
доктор технічних наук
07.03.2019 р.

В.О. Васильковський

Підпис д.т.н. Васильковського В.О.
засвідчую:
Вчений секретар ІФГП НАН України
д.т.н., с.н.с.

Н. О. Калугіна

Герб. печать