

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Васильєва Дмитра Леонідовича «Розвиток наукових основ визначення параметрів розвантаження привибійної частини газоносних вугільних пластів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 «Геотехнічна і гірнича механіка».

### **Актуальність проблеми.**

Відомо, що при підземній розробці вугільних родовищ гостро стоїть проблема запобігання раптовим викидам вугілля, породи та газу. Багато вчених працювали і продовжують працювати над пошуком способів і технічних засобів дії на вугільний пласт для зниження його викидонебезпечності. Незважаючи на зусилля учених і виробничників частка смертельного травматизму працюючих від газодинамічних явищ (ГДЯ) доволіно висока (46 % випадків супроводжувалися смертельним травматизмом згідно літературним даним). Для запобігання цим явищам розроблено близько десяти локальних способів. Один з найбільш поширених є спосіб статичного гідророзпушування. Автором дисертації запропонований спосіб і пристрій імпульсного гідророзпушування з управлінням режимів ето роботи. Обидва способи супроводжуються розвантаженням привибійної частини газоносних вугільних пластів, дотепер мало вивченим. Тому вважаю, що у дисертаційній роботі Васильєва Дмитра Леонідовича «Розвиток наукових основ визначення параметрів розвантаження привибійної частини газоносних вугільних пластів» надано рішення актуальної **науково-прикладної проблеми** в галузі підземного видобутку вугілля, яка має важливе значення для запобігання раптовим викидам вугілля, породи і газу та сприяє підвищенню швидкості проведення підготовчих гірничих виробок.

### **Зміст роботи**

Дисертація Васильєва Д.Л. складається із анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел з 202 найменувань на 24 сторінках, містить 373 сторінки машинописного тексту, включає 11 таблиць, 91 рисунок (основна частина 260 сторінок), 26 додатків на 53 сторінках.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та завдання дослідження, наукова новизна і практичне значення роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, приведена апробація результатів дисертації, показаний особистий внесок автора.

У **першому розділі** проаналізовані дослідження в області розв'язання проблем керування напружено-деформованим станом (НДС) масивів гірських порід і оцінки їх несучої здатності в процесі руйнування навколо підземних гірничих виробок. Керування НДС масивів гірських порід в

процесі їх деформуванні направлено на розв'язання двох протилежних науково-практичних задач: підвищення стійкості підземних виробок та зниження несучої здатності, а саме розвантаження привибійної частини вугільних пластів з метою запобігання раптовим викидам вугілля і газу у вироблений простір.

*У першому розділі* в оглядовій частині докторської дисертації використані матеріали кандидатської дисертації автора на тему «Визначення впливу внутрішнього та зовнішнього тертя гірських порід на їх міцність при одноосьовому стисканні» за спеціальністю 05.15.09 «Механіка ґрунтів та гірських порід».

*У другому розділі* приведені закономірності розподілу контактних і внутрішніх напружень тіла, що деформується і руйнується, з урахуванням його геометричних розмірів і показників внутрішнього і контактного тертя.

*У третьому розділі* розроблений метод розрахунку параметрів граничного стану матеріалу в локальній області крихкого тіла з урахуванням внутрішнього і контактного тертя в процесі його позамежного деформування на підставі критерію міцності Кулона.

*У четвертому розділі* розроблена математична модель і методи побудови діаграм «нормальне напруження – поздовжня деформація» і методи визначення несучої здатності зразків гірських порід, засновані на визначенні локальних напружень у вершинах тріщин і розрахунку параметрів частини площі зразків, що виходить з-під навантаження по мірі розвитку цих тріщин у відповідності з траєкторію максимальних ефективних дотичних напружень (ТМЕДН).

На підставі розробленого методу розкритий механізм утворення чотирьох форм (усічено-клинова, клинова, діагональна, поздовжня) руйнування зразків гірських порід, що полягає у взаємозв'язку параметрів контактних нормальних і дотичних напружень на ТМЕДН і геометрії виходу цих траєкторій на вертикальну вісь симетрії зразків. Зіставлення розрахункових даних з експериментальними проводилося по даним, запозиченими з кадастру гірських порід.

*У п'ятому розділі* методи визначення несучої здатності зразків гірських порід перенесені на масиви вугільних пластів та оточуючих порід. Перенесення забезпечується урахуванням геометричних параметрів тіла, що деформується. Запропоновано механізм формування привантаження привибійної частини вугільного пласта, який полягає у лінійному загасанні від кромки вибою у глибину масиву дотичних напружень від контактного тертя між пластом і вміщуючими породами. Розроблено метод розрахунку напружень у вершині тріщини в будь-якій точці привибійної частини газоносного вугільного пласта, що полягає в урахуванні значень опорного гірського тиску, горизонтальних стискаючих напружень бічного підпору та тиску в ній газу.

*У шостому розділі* наведені теоретичні основи розрахунку параметрів розвантаження привибійної частини викидонебезпечних вугільних пластів

при гідророзпушуванні. Розроблено математичну модель та встановлені закономірності параметрів розвантаження привибійної частини вугільного пласта при гідророзпушуванні.

Розроблено методики і рекомендації на проведення гірничо-експериментальних робіт в доповнення до технологічної проектної документації проведення і кріплення підготовчих виробок СП «Ш/у Суходільське-Східне» і «Ш/у «Молодогвардійське» ПАТ «Краснодонвугілля», і в «Технічне завдання «Пристрій для гідроімпульсної дії на вугільний пласт», яке розроблено ІГТМ НАН України спільно з ТОВ «Теплогірський завод гідро обладнання».

Порівняння ефективності використання статичного і імпульсного гідророзпушування в однакових умовах «Ш/у «Суходільське-Східне» і «Ш/у «Молодогвардійське» ПАТ «Краснодонвугілля» при проведенні підготовчих виробок свідчить, що при імпульсному гідророзпушуванні через свердловини діаметром 43 мм завдовжки від 6 до 7 м з глибиною герметизації від 4 до 5 м за критерієм системи контролю АПСС «активний процес завершений» і сейсмічного контролю ЗУА-98 за величиною зони розвантаження, встановлено зниження викидонебезпечності вугільних пластів в порівнянні зі статичним розпушуванням, що підтверджує зроблені автором теоретичні висновки.

У додатках представлено результати шахтних досліджень, ефективності використання статичного і імпульсного гідророзпушування в однакових умовах «Ш/у «Суходільське-Східне» і «Ш/у «Молодогвардійське» ПАТ «Краснодонвугілля» при проведенні підготовчих виробок, акти впровадження результатів дисертаційних досліджень.

### **Наукова новизна результатів досліджень.**

За підсумками роботи встановлено й сформульовано наукову новизну одержаних результатів:

1. Вперше розроблено математичну модель, аналітичні методи та методики розрахунку і встановлені закономірності межі міцності на стиск та побудови діаграм «нормальне напруження – подовжня деформація» зразків гірських порід для чотирьох форм їх руйнування (усічено-клинової, клинової, діагональної, повздовжньої) з використанням чотирьох показників властивостей гірських порід (межа міцності зсуву вугілля, коефіцієнт контактного тертя, коефіцієнт внутрішнього тертя, модуль пружності Юнга) на підставі значень граничних нормальних напружень у вершинах тріщин, що враховують у критерії міцності Кулона контактне тертя і значення ефективних дотичних напружень, які не досягають межі міцності зсуву порід в точках виходу траєкторій на граничну поверхню, що дозволило встановити межу міцності вугілля простими способами в умовах вугільних шахт.

2. Вперше запропоновано механізм формування привантаження привибійної частини вугільного пласта, який полягає у лінійному загасанні від кромки вибою у глибину масиву дотичних напружень від контактного

тертя між пластом і вміщуючими породами та розроблено математичну модель, аналітичний метод розрахунку, і встановлено закономірності гірського тиску, епюра якого описується опуклою квадратичною функцією, та несучої здатності привибійної частини вугільних пластів, що дозволило описати епюру гірського тиску, відповідну експериментальній.

3. Вперше розроблено метод розрахунку напружень у вершині тріщини в будь-якій точці привибійної частини газоносного вугільного пласта, що полягає в урахуванні значень опорного гірського тиску, горизонтальних стискаючих напружень бічного підпору, і тиску в ній газу, що дозволило пояснити зниження міцності вугілля за наявності в ньому газу під тиском і визначити параметри тріщин в привибійної частини вугільного пласту.

4. Вперше встановлені закономірності зміни величин зони розвантаження вугільного пласту, які описується функцією, що зростає в залежності від потужності та глибини залягання пластів і спадає в залежності від показників фізико-механічних властивостей вугілля, що дозволило обґрунтувати мінімально допустиму глибину герметизації, яка виключає небезпечний гідровіджим.

5. Вперше розроблено математичну модель, аналітичні методи і методику та встановлено закономірності параметрів розвантаження привибійної частини вугільного пласта при гідророзпушуванні за рахунок виходу його частини з-під навантаження при розвитку однієї привибійної тріщини віджиму і 3-6 похилих тріщин, що по черзі розвиваються, та зниження несучої здатності цієї частини пласта при імпульсному гідророзпушуванні в порівнянні із статичним за рахунок зниження внутрішнього тертя в вершинах тріщин і контактного тертя між пластом і бічними породами від динамічної дії рідини, що нагнітається в пласт.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей локального утворення і розвитку тріщин в гірських породах, формування опорного гірського тиску, зменшення несучої здатності пласта при збільшенні тиску газу, зміни величин зон розвантаження від потужності пласта, глибини його залягання і показників фізико-механічних властивостей вугілля, розвантаження газоносних вугільних пластів при їх гідророзпушуванні, удосконаленні методів розрахунку параметрів розвантаження цих пластів на базі критерію міцності Кулона з урахуванням їх контактного тертя і тиску в них газу.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробці:

1. Обґрунтованих і експериментально підтверджених методик розрахунку межі міцності на стиск та побудови діаграм «нормальне напруження – подовжня деформація» зразків гірських порід з використанням чотирьох їх показників (межі опору матеріалу зсуву, коефіцієнтів внутрішнього і зовнішнього тертя і модуля пружності) гірської породи, які дозволяють визначити межу міцності вугілля і порід.

2. Методики розрахунку параметрів розвантаження викидонебезпечних вугільних пластів при їх гідророзпушуванні, яка дозволяє визначити величину зони розвантаження.

3. Методики проведення гірничо-експериментальних робіт по випробуванню пристрою гідроімпульсної дії для дегазації пласта через довгі свердловини, яка дозволяє визначити ефективність дегазації.

4. Методики проведення гірничо-експериментальних робіт, яка дає рекомендації при гідроімпульсному розпушуванні вугільних пластів для безпечного проведення підготовчих виробок.

5. Методичних рекомендацій по гідроімпульсному розпушування вугільних пластів при проведенні підготовчих виробок комбайнами.

6. «Технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу «Пристрій для гідроімпульсної дії на вугільний пласт» для промислового освоєння, в якому обґрунтовані параметри пристрою.

**Реалізація результатів роботи.** На основі отриманих наукових результатів автором розроблені:

1. «Методика розрахунку параметрів діаграм «нормальне напруження – поздовжня деформація», затверджена ПАТ «Краснодонвугілля» і використовується на СП «Ш/у «Молодогвардійське» від 6 січня 2014 р. (Акт впровадження від 2 березня 2014 р.).

2. «Методика розрахунку параметрів розвантаження газоносних вугільних пластів при їх гідророзпушуванні», затверджена ПАТ «Краснодонвугілля» і використовується на СП «Ш/у «Молодогвардійське» від 12 січня 2014 р. (Акт впровадження від 12 вересня 2014 р.).

3. «Доповнення до «Паспорту східної похилої лави № 24 пл.  $i_3^1$  гор. 915 м при проведення 25 -го східного штреку» СП «Ш/у «Суходільське-Східне» ПАТ «Краснодонвугілля» від 15 серпня 2010 р. (Протокол приймання результатів випробувань... від 20 січня 2011р. і акт впровадження від 6 липня 2014 р.).

4. «Доповнення до «Технологічної проектної документації проведення 25 -го західного штреку» СП «Ш/у «Суходільське-Східне» від 14 серпня 2012 р. (Акт впровадження від 6 липня 2014 р.).

5. «Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу «Пристрій для гідроімпульсної дії на вугільний пласт», що розроблено ІГТМ НАН України спільно з ТОВ «Теплогірській завод гідрообладнання» для промислового освоєння від 29 липня 2014 р.

6. Економічний ефект, що очікується, від впровадження імпульсного гідророзпушування газоносних викидонебезпечних вугільних пластів при проведенні підготовчих пластових виробок комбайном на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля» складає до 0,7 млрд грн/рік в цінах 2014 р. («Розрахунок очікуваної економічної ефективності від вживання імпульсного гідророзпушування вугільних пластів при проведенні виробок комбайнами на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля» - Краснодон, 2014 р., затверджений генеральним директором товариства 14 08 20014 р).



**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується коректністю постановки задач; використанням випробуваних законів механіки тіла, що деформується; високим ступенем збіжності результатів, які отримані за розробленими методами розрахунку параметрів діаграм «нормальне напруження – повздовжня деформація» при одноосьовому стискуванні зразків гірських порід з відносною похибкою розрахунку в межах 0,14-0,21, коефіцієнтом варіації – в межах 0,147-0,22 при надійності результатів в межах 93-99%; розкриттям особливостей формування поза межних кривих руйнування зразків гірських порід при їх роздавлюванні залежно від показників їх властивостей; збігом аналітичної епюри гірського тиску у вигляді квадратичної функції з експериментальною; підтвердженням методу розрахунку параметрів розвантаження пластів при відносній похибці в 0,15-0,25 розрахункових величин розвантаження з експериментальними даними Макіївського науково-дослідного інституту (МакНДІ); встановленням зниження несучої здатності газоносних вугільних пластів при їх імпульсному гідророзпушуванні у порівнянні зі статичним; результатами гірничо-експериментальних робіт з гідророзпушування газоносних вугільних пластів, що підтвердили теоретично передбачене збільшення в 1,3-1,5 рази зони розвантаження пластів при їх гідроімпульсній обробці у порівнянні зі статичною і підвищення добової швидкості проведення пластових підготовчих виробок з 3 до 6–7 м у викидонебезпечних вугільних пластах; використанням стандартних приладів, типової апаратури і методів вимірювань.

#### **Рівень апробації результатів дисертації.**

Основні положення і результати дисертації доповідалися на Міжнародних конференціях і наукових школах, зокрема Міжнародній науковій конференції «Гірська геологія, геомеханіка і маркшейдерія» (м. Донецьк, 11–15.10.2004), Міжнародній науковій школі «Деформація і руйнування матеріалів з дефектами і динамічні явища в гірських породах і виробках» (м. Сімферополь: Тавріч. нац. ун-т, 21-27.09.2009 р., 20-26.09.2010 р., 19-25.09.2011 р., 17-23.09.2012 р., 23-29.09.2013 р., 21-27.09.2015 р.), на засіданнях Центральної комісії із питань вентиляції і боротьби з газодинамічними явищами в шахтах (м. Макіївка, від 22.12.2010 р., від 10.07.2012 р.), Придніпровському науковому семінарі «Обробка металів тиском» (м. Дніпропетровськ, 03.03.2014 р.), науковому семінарі «Актуальні проблеми механіки деформованих тіл і конструкцій» (м. Дніпро, Нац. унів-т, 21.09.2016 р.), Міжнародній науково-технічній конф. "Форум гірників" (м. Дніпро, НГУ, 5-8.10.2016 р., 4-7.10.2017 р., 10-13.10.2018 р.), International Conference Essays of Mining Science and Practice (Dnipro, Ukraine, June 25-27, 2019).

#### **Повнота опублікування результатів дисертації.**

Основний зміст роботи опубліковано в 59 наукових працях, з яких в одній монографії, 23 в спеціальних виданнях України і 6 у виданнях, що

входять в міжнародні науко метричні бази, 4 в спеціальних виданнях за кордоном України. Одержано 5 патентів України. 9 робіт опубліковано без співавторів.

### **Особистий внесок автора.**

Автором самостійно сформульована наукова проблема, мета роботи і задачі досліджень, наукові положення, висновки й рекомендації з їх практичної реалізації; розроблено математичні моделі формування напружень у вершинах тріщин; методи і методики розрахунку межі міцності на стиск та побудови діаграм «нормальне напруження – подовжня деформація» об'єктів гірських порід. Розроблено аналітичні методи розрахунку епюри опорного гірського тиску і несучої здатності привибійної частини вугільних пластів. Розроблено методи розрахунку параметрів розвантаження привибійної частини газонесних вугільних пластів при статичному та імпульсному гідророзпушуванні. Автор брав безпосередню участь в проведенні гірничо-експериментальних робіт на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля» разом із співробітниками ІГТМ НАН України, МакНДІ і технічного персоналу шахт ПАТ «Краснодонвугілля».

Текст дисертації і автореферату викладено автором особисто.

Наукові положення і результати, які виносилися на захист в кандидатській дисертації здобувача не винесені на захист в докторській дисертації.

### **Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації.**

Автореферат включає всю необхідну для оцінки роботи інформацію, його зміст ідентичний дисертаційній роботі, містить основні положення, висновки і рекомендації, що наведені у дисертації.

### **Зауваження по роботі та рекомендації**

Після детального знайомства з дисертацією та авторефератом, мною виявлені наступні недоліки.

1. Речення, що стосуються наукової проблеми, яка розв'язана автором, наукової новизни отриманих результатів громіздкі і потребують, на мій погляд, суттєвого скорочення, бо автор втиснув в них усе що було зроблено в роботі, не намагаючись виділити головне і відкинути другорядне.

2. Пункт 6 наукової новизни отриманих результатів відповідає по своїй суті практичній цінності роботи, при цьому деякі цифри, що в цьому пункті приведені є і в пункті 9 практичного значення отриманих результатів (стор. 6, 7 автореферату).

3. Автор використовує термін «механіки деформівного твердого тіла», що не відповідає правилам української мови (стор. 11 автореферату). На мій погляд треба використовувати термін «механіки твердого тіла, що деформується».

4. На сторінках 10-12 автореферату приведені, з відповідними посиланнями, відомі усім фахівцям аналітичні формули Є.Унксова, Л. Прандтля, Кулона-Амонтона. Нема сенсу, на мій погляд, займати

обмежене місце в авторефераті, який розрахований на висвітлення наукових здобутків виключно автора.

5. Перша глава дисертації, яка традиційно присвячена аналізу раніше виконаних наукових досліджень і формулюванню задач досліджень занадто об'ємна (101 сторінка машинописного тексту) і більше схожа на розділ монографії, а ніж на главу дисертації.

6. У другій главі дисертації не всі формули пронумеровані, а у створеній автором математичній моделі (стор. 131 дисертації) нумерація формул хибна, що впливає на розуміння отриманих автором результатів.

7. Автором встановлено закономірності зміни межі міцності на стиск та побудови діаграм «нормальне напруження – подовжня деформація» зразків гірських порід для чотирьох форм їх руйнування, але не вказується яким чином на цих процесах відіб'ється природна тріщинуватість та шаруватість реальних гірських порід, їх орієнтація до напрямку дії головних напружень.

8. Не зрозуміло (стор. 220 дисертації) завдяки яким фізичним силам визначається існування залишкової міцності зразка гірської породи і чим пояснюється зміна її величини у процесі руйнування та яким чином можливо цю залишкову міцність використати у гірничій справі.

9. Автором зазначається (стор. 239 дисертації), що ним була вдосконалена методика визначення залежності руйнуючого зусилля зсуву від нормального стискаючого навантаження для контактуючих пар вугілля – піщанистий сланець, але не вказано у чому це вдосконалення полягало конкретно.

Вказані недоліки не стосуються основних наукових положень, які запропоновано до захисту у дисертації, та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

### **Висновок**

Дисертація здобувача Васильєва Дмитра Леонідовича «Розвиток наукових основ визначення параметрів розвантаження привибійної частини газоносних вугільних пластів» є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-прикладна проблема, що полягає у встановленні закономірностей локального утворення і розвитку тріщин в гірських породах, формування опуклої епюри опорного гірського тиску, зменшення несучої здатності пласта із збільшенням тиску газу, зміни величин розвантаження від потужності пласта, глибини його залягання і фізико-механічних показників вугілля і розвантаження газоносних вугільних пластів при їх гідророзпушуванні, що дозволило розвинути наукові основи визначення параметрів розвантаження привибійної частини цих пластів на базі критерію міцності Кулона з урахуванням їх контактного тертя і тиску в них газу та обґрунтувати на цій основі технологічні і витратно-напірні параметри статичного (нормативного) та імпульсного способу та пристрою гідророзпушування, які були використані при підготовці методик і рекомендацій в проекти проведення підготовчих виробок при проведенні



виробок комбайнами на шахтах, що має суттєве значення для підвищення безпеки та збільшення швидкості проведення підготовчих виробок на викидонебезпечних пластах та дозволило отримати від впровадження імпульсного гідророзпушування на шахтах ПАТ «Краснодонвугілля» очікуваний економічний ефект в сумі до 0,7 млрд. грн. на рік в цінах 2014 р.

Дисертаційний рукопис характеризується логічною внутрішньою структурою від постановки задач до заключних висновків, викладений зрозумілою технічною мовою.

Достовірність та обґрунтованість висновків і рекомендацій, наукова та практична цінність дослідження свідчать про достатню кваліфікацію автора, який заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук. Наведені у відгуку зауваження не знижують наукову і практичну цінність дисертації.

Дисертаційна робота відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів...» МОН України що стосується докторських дисертацій, а також спеціальності 05.15.09 «Геотехнічна і гірнична механіка». На основі вищенаведеного вважаю, що автор дисертаційної роботи, Васильєв Д.Л. заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 «Геотехнічна і гірнична механіка».

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри фізики  
ДВНЗ «Криворізький національний  
університет» МОН України  
доктор технічних наук, професор

Несмашний Є. О.

Підпис *Несмашний Є. О.*

ЗАСВІДЧУЮ:

Учений секретар  
ДВНЗ «Криворізький національний  
університет»

*Григорук А. С.*

« 09 » вересня 2019 р.