

## ВІДГУК

офіційного опонента **Зуєвської Наталі Валеріївни**  
на дисертаційну роботу **Іщенка Костянтина Степановича**  
«Розвиток геомеханічних основ створення способів вибухового  
руйнування міцних гірських порід»,представлену на здобуття  
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю  
05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

### **I. Актуальність теми досліджень**

Породи в яких сконцентровані значні поклади рудних і нерудних корисних копалин України мають складну будову і відрізняються від структурно-однорідних масивів гірських порід Українського кристалічного щиту. Вони мають ділянки сильно тріщинуватих і практично монолітних міцних гірських порід. Така структура порід значно ускладнює передачу енергії вибуху при буропідливних роботах.

Не зважаючи на достатньо великий обсяг досліджень в цьому напрямку до теперішнього часу немає чіткого уявлення про процеси, що відбуваються в цих умовах при видобутку корисних копалин або при будівництві підземних споруд. Є низка складних питань, які потребують вирішення, наприклад:

- на глибоких горизонтах шахт і кар'єрів роботи ведуться в умовах інтенсивних водопритоків, які значно впливають на ефективність процесу відбійки гірських порід;
- застосування нових ефективних конструкцій зарядів вибухових речовин з метою вдосконалення технології ведення вибухових робіт;
- необхідність розробки і застосування нових методів оцінки впливу структурних особливостей будови масиву гірських порід і їх фізико-механічних властивостей на конструкцію заряду і процес геомеханічних перетворювань під час вибуху заряду.

Тому розвиток геомеханічних основ створення способів вибухового руйнування міцних гірських порід з урахуванням закономірностей зміни напружено-деформованого стану твердого середовища під впливом різних умов динамічного навантаження і процесів формування, взаємодії, перерозподілу та переміщенню потужного ініціюючого імпульсу кумулятивної дії під час вибуху ВР в зарядах змінного перерізу, зміни форми вибухового імпульсу зі зниженням пікових показників тиску і збільшення його тривалості та розробка нових способів руйнування міцних гірських порід є **актуальною науково-технічною проблемою** в області геотехнічної і гірничої механіки, що має важливе значення для підвищення техніко-економічних показників гірничих підприємств та створення безпечних умов існування об'єктів цивільного і промислового призначення на територіях з розвинутою інфраструктурою, а тема

дисертаційної роботи Іщенко К.С. присвячена вирішенню цієї проблеми, є актуальною.

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України відповідно до галузевих планів НДР згідно з Постановами бюро Відділення механіки НАН України.

Матеріали кандидатської дисертації в роботі не використовувались.

## **II. Основний зміст дисертаційної роботи і зауваження по її розділам**

Дисертація складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел – 470 найменувань на 53 сторінках сумарно за розділами, містить 350 сторінок машинописного тексту, в яких міститься 26 таблиць і 124 рисунків та 17 додатків на 97 сторінках.

У вступі автором дисертації наведена загальна характеристика актуальності теми, мета і задачі досліджень, ідея роботи, визначені об'єкт, предмет і методи дослідження, наукові положення дисертації, їх новизна, обґрунтованість і достовірність, наукове і практичне значення дисертаційної роботи, апробація її результатів, а також особистий внесок здобувача.

У першому розділі приведений аналіз результатів досліджень провідних фахівців вибухової справи впливу різних технологічних факторів на ефективність вибухового руйнування міцних гірських порід, механізму їх руйнування, перспективних напрямків досліджень і на їх основі розробці нових ресурсозберігаючих способів видобутку корисних копалин з відкритим і підземним циклами робіт.

Аналіз методів підривання свердловинних (шпурових) зарядів ВР свідчить, що для підвищення ефективності їх дії необхідно розробити такі конструкції зарядів і способи їх формування, які забезпечують фокусування газових потоків і створенню різноградієнтного поля напружень в масиві міцних гірських порід при їх підриванні. Їх використання сприятиме подальшій підготовці і управлінню процесами руйнування гірських порід енергією вибуху, її транспортуванню і переробці. Виконаний аналіз свідчить, що практично всі способи і конструкції зарядів для їх реалізації використовують при руйнуванні монолітних міцних гірських порід, а незначна їх кількість – для руйнування анізотропних гірських масивів складної будови.

При розгляді перспективних напрямів з проблем енергоємності руйнування міцних гірських порід при видобутку корисних копалин на великих глибинах відзначено зростаючу роль напружено-деформованого стану гірського масиву та збільшення міцності гірських порід. Встановлено, що визначення змін показників НДС масиву у вибої виробки або в околиці видобувної камери сприятимуть обґрунтованому підходу до вибору раціональних параметрів БПР, які покращать умови роботи зарядів ВР при вибуховому руйнуванні міцних

гірських порід. Недостатньо проведено досліджень зі зниження екологічного навантаження через утилізацію накопичених гірничопромислових відходів в гірничодобувних регіонах з розвиненою інфраструктурою, які призводять до несприятливих умов проживання населення. Показано, що існуючий досвід закладання виробленого простору сприяє зменшенню кількості породи, яка видається з шахт, рудників і кар'єрів, охороні поверхневих об'єктів і безремонтне підтримання виробок, що дозволяє створити передумови для вирішення комплексу інженерно-технічних заходів по усуненню цілого спектру технологічних проблем гірничого виробництва і забезпеченню безпеки проживання населення в навколишньому природньому середовищі. При цьому зазначені недоліки існуючих методів, відмічені напрямки покращення вибухової технології для збільшення обсягів виробництва та продуктивності гірничо-збагачувальних комбінатів, шахт та рудників, а напрям досліджень актуальний.

На підставі проведеного аналізу здобувач сформувала мету та задачі досліджень.

Зауваження. Принципових зауважень до першого розділу немає.

У другому розділі виконано розробку способу і методики експериментальних досліджень щодо оцінки впливу фізико-механічних властивостей, структурних особливостей анізотропних гірських порід різного генезису складної будови на зміну питомої поверхневої енергії, поширення мікротріщин і характеру руйнування при різних умовах динамічного навантаження

За «Програмою-методикою досліджень...» на зразках порід різного генезису (осадового, магматичного і метаморфічного походження), відібраних на гірничодобувних підприємствах України – ГЗК Кривбасу, ДП СхідГЗК, кар'єри нерудної промисловості, шахти Західного, Центрального і Східного Донбасу, Докучаєвського флюсоделомітного комбінату та ін. виконано дослідження фізико-механічних властивостей та структурних особливостей відповідно до чинних Дежстандартів і питомої поверхневої енергії руйнування порід вільно падаючим вантажем та під час вибуху заряду ВР.

В роботі доведено, що на характер руйнування міцних гірських порід складної будови, таких як: граніти, середньо- і крупнозернисті пісковики, кварцити з вмістом залізу, граніти з вмістом урану впливає кварц, який присутній у вигляді зерен, маючи велику кількість дефектів будови – мікротріщин. Витрати енергії на їх руйнування на 30-50% менше, ніж на руйнування міцних в'язких порід таких, як вапняк і базальт, де кварц практично відсутній.

Також було проаналізовано гранулометричний склад зруйнованих моделей на мікрорівні (розмір фракцій 0-100 мкм) з використанням

поляризаційного мікроскопу МП-2 і лабораторного приладу ДРОН-3. Встановлені закономірності розподілу гранулометричного складу, які оброблено методом кореляційного аналізу і рентгенівські дифрактограми дрібнодисперсної фракції.

Аналіз залежностей кількісного розподілу фракцій показав, що при вибуховому навантаженні в пробі 0-100 мкм переважають найбільші частинки кварцу, польового шпату і слюди, а саме: середньозважений діаметр частинок  $\bar{d}$  дорівнює 23,97 мкм, а при руйнуванні вільним ударом –  $\bar{d}$  становить 31,35 мкм. Тоді як аналіз дифрактограм дрібнодисперсних фракцій вапняків, пісковиків, метасоматично змінених гранітів і кварцитів з вмістом залізу показав, що суттєвих змін структури дрібнодисперсних фракцій цих порід при різних видах навантаження: удар і вибух не виявлено. Автором зокрема встановлено, що при ударі спостерігається тільки незначна аморфізація кварцу пісковика і кварциту з вмістом заліза, який вказує на наявність деформацій зминання (роздавлювання) в точці контакту зразку з нерухомою поверхнею (станиною копра) і істотне (майже подвійне) посилення інтенсивності лінії анортиту (в пісковиках) під час вибуху заряду ВР в порівнянні з ударними навантаженнями.

Отримані цікаві результати за проведеними експериментальними дослідженнями впливу мікроструктури порід складної будови з вмістом урану: орієнтації і форми зерен на характер розвитку мережі мікротріщин у полімінеральній гірській породі, обробленою плавиковою кислотою її поверхні, при руйнуванні їх вибухом.

Дослідженнями встановлено, що внутрішні міжзернові напруження в гранітах, що виникають завдяки специфічному, властивому тільки даним породам режиму кристалізації, можуть зберігатись в масиві тривалий час, поки не відбудеться їх релаксація в результаті заміщення польового шпату – головного породотворюючого мінералу – вторинними мінералами – серициту, хлориту і кальциту. Встановлено, що для гранітів, мігматитів і альбітитів Ватутінського родовища уранових руд зона руйнування має еліпсову форму, а утворена велика вісь воронки руйнування збігається з напрямком горизонтальної проекції вектора лінійності мінеральних агрегатів, коефіцієнт анізотропії яких коливається в межах 1,7-2,5.

#### Зауваження.

– детально описана методика визначення фізико-механічних властивостей;

– не зрозуміло чи потрібне рентгенівське обстеження зразків? Навіщо дифрактограми дрібнодисперсної фракції, яку інформацію надають?

У третьому розділі приведено теоретичні і експериментальні дослідження механізму дії подовженого заряду ВР різної форми перерізу та встановленню закономірностей руйнування твердого середовища вибухом.

Розглянуто процеси, що протікають в зарядній порожнині при детонації ВР в зарядах зі сферичною інертною вставкою на виділеній ділянці заряду, висота якого дорівнює діаметру циліндричної зарядної порожнини. оцінено теплоту вибуху  $Q'$  вибухової речовини, всередині якої знаходиться сферична вставка – куля масою  $M$ . Встановлено, що наявність жорсткої оболонки на шляху поширення ударної хвилі (УХ) по вісі заряду призводить до того, що частина енергії УХ відбивається і направляється в сторону стінок зарядної порожнини. доведено, якщо зарядна порожнина розташована в твердому середовищі, яке необхідно зруйнувати, наявність сферичної вставки всередині ВР призводить до посилення дії УХ на середовище, що руйнується.

Для оцінки розвитку детонаційних процесів і характеру розповсюдження тріщин в твердому середовищі під час вибуху ВР в подовжених циліндричних зарядах суцільної конструкції і змінного перерізу по його висоті в проведено дослідження в лабораторних і полігонних умовах на моделях із застосуванням методу швидкісної фотореєстрації кінокамерою СФР-2М, а реєстрацію швидкості ДХ з використанням іонізаційних датчиків.

Аналіз досліджень показав, що при безпосередньому контакті сферичної вставки зі стінками зарядної порожнини відбувається зменшення ступеню її впливу на руйнуюче середовище, тобто зміна радіуса тріщиноутворювання в напрямку, перпендикулярному від осі заряду вглибину середовища. А при оцінці впливу проміжного середовища на поширення детонаційної хвилі на контакті його з фронтом ДХ від вибуху зарядів ВР постійного і змінного перерізу з використанням гранульованого тротилу (ТНТ) показав, що фронт ДХ при зустрічі з проміжним середовищем (буровий штиб) сприяє деякому уповільненню процесу детонації заряду з подальшим розшаруванням фронту на кілька потоків і прояву неповноти детонації ВР. При зустрічі фронту ДХ зі сферичною вставкою, де формується область сфокусованого газового потоку сприяє перерозподілу енергії вибуху та переміщенню потужного ініціюючого імпульсу, що перетворюється в кумулятивний струмінь зміненої форми головної частини. На підставі отриманих результатів обґрунтовано ресурсо-енергозберігаючі способи формування свердловинних зарядів змінного перерізу.

#### Зауваження.

– не зрозуміло, який пристрій використовується для виготовлення порожнин в термопластичних матеріалах.

У четвертому розділі наведено результати досліджень щодо встановлення закономірностей зміни напружено-деформованого стану (НДС) породного масиву навколо вибою виробки з використанням різних комплектів шпурів та

під час вибуху заряду ВР на компенсаційну свердловину у врубі. Згідно розробленої методики та способу імітації напружено-деформованого стану гірського масиву проведено моделювання змін полів напружень гірського масиву навколо виробки з елементами врубу. Експерименти проводили на плоских моделях з органічного скла з різними елементами врубу з використанням оптично-полірізаційного методу і розробленого стенду, а математичне моделювання НДС масиву за допомогою чисельних методів – методу кінцевих елементів (МКЕ).

За результатами розрахунків побудовані залежності змін напруженого стану за параметром, який характеризує ступінь різнокомпонентності полів напружень вздовж вісі, яка проходить через центр виробки для різних типів моделей.

Проведені також розрахунки напружено-деформованого стану породного масиву в околиці гірничої виробки під час вибуху шпурового заряду ВР на компенсаційну свердловину залежно від фізико-механічних властивостей порід, глибини закладання виробки і технологічних параметрів врубу в вибої виробки.

Аналіз залежностей свідчить, що при збільшенні відстані між випереджаючою свердловиною і врубовим шпуром пік стискаючих напружень зміщується від вільної поверхні разом з хвилею розвантаження і формуванням між ними слабких порушених порід, зменшуючи ймовірність руйнування поверхні свердловини.

На підставі отриманих результатів обґрунтовано місце закладання шпурових зарядів у вибої виробки і параметрів врубу з компенсаційною свердловиною для ефективного руйнування міцних гірських порід.

Зауваження. Слід зазначити, що розроблена методика і спосіб моделювання НДС масиву в роботі не належно розкриті умови їх проведення і подальшого використання.

В п'ятому розділі проведені дослідження по обґрунтуванню параметрів нових ресурсозберігаючих і безпечних способів ведення буропідричних робіт у вибоях виробок і видобувних блоках рудних шахт із закладанням виробленого простору.

Для вдосконалення вибухової технології проходки гірських виробок і відбійки рудного покладу в масиві міцних порід складної будови проведені дослідження зміни полів напружень в околі видобувної камери по встановленню максимально можливих зон дії розтягуючих і стискаючих напружень по обґрунтуванню місця закладання вибухових свердловин у блоці.

Дослідженнями встановлено, що форма воронки викиду при руйнуванні статично напруженого твердого середовища вибухом заряду ВР в перерізі набуває еліптичної форми. Тому, для обґрунтування параметрів способу проведення підготовчих виробок різного технологічного призначення та

конструкції заряду ВР проведено експериментальні дослідження руйнування твердого середовища в стані «затиску» на компенсаційну порожнину еліптичної форми.

За результати наведених досліджень по розподілу гранулометричного складу зруйнованого твердого середовища розроблено регресійні моделі оптимізації параметрів компенсаційної порожнини і вибору раціональної конструкції заряду ВР по максимальному виходу кількості середніх фракцій.

Рішення оптимізаційних моделей дозволили обґрунтувати раціональні значення осей еліпсів компенсаційної порожнини і обрати ефективний заряд з сферичними вставками, які рівномірно розташовані вдовж його колонки.

Безпека розробки рудних родовищ підземним способом камерними системами і екологічний стан навколишнього природного середовища в промислово розвинених регіонах може бути забезпечена шляхом закладання виробленого простору сумішами, що твердіють. Рішення задачі з розробки і обґрунтування оптимального складу суміші, що твердіє, проведені відповідні дослідження і розроблено нові склади сумішей згідно розробленої методики і випробувального стенду.

Якість структури твердіючої суміші залежно від водотвердого співвідношення оцінено з використанням електронно-мікроскопічного методу. Результати випробувань засвідчили, що однорідним є склад з В/Т= 0,15, і однорідність його склала 53 %, тоді як у інших сумішей вона дорівнювала 24 % і 22 %.

Зауваження. Принципових зауважень немає, але при обґрунтуванні параметрів компенсаційної порожнини і вибору ефективного заряду ВР при руйнуванні твердого середовища в стані всебічного «затиску» слід детальніше розкрити суть розробленої методи і провести оцінку отриманих результатів руйнування твердого середовища зарядами ВР різних конструкцій на компенсаційний простір.

В шостому розділі проведено геомеханічне обґрунтування ресурсозберігаючих і безпечних способів вибухового руйнування міцних гірських порід складної будови щодо вдосконалення буропідривної технології руйнування міцних гірських порід для умов вугільних шахт, рудників і кар'єрів, оцінено економічну ефективність і перспективу їх подальшого використання.

На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень розроблені нові технічні рішення формування свердловинного заряду ВР змінного перерізу кумулятивної дії щодо вдосконалення ресурсозберігаючої технології руйнування локально-тріщинуватих міцних гірських порід складної будови на кар'єрах, формування врубової порожнини у вибої виробки в масиві міцних напружених гірських порід енергією вибуху, будівництві виробок різного технологічного призначення та руйнування рудного покладу в

напруженому гірському масиві на рудниках, новизна яких доведена отриманими патентами на винахід.

Теоретичну і практичну цінність мають дослідження щодо обґрунтування технологічних схем розташування зарядів ВР на блоці з урахування фізико-механічних і структурних особливостей міцних гірських порід складної будови, які дозволяють врахувати наступні умови: висота уступу, міцність порід, діаметр свердловини, глибину перебуру, сітку розташування свердловин на блоці, схему комутації зарядів і напрямки їх підривання.

В розділі наведені результати застосування буропідривної технології руйнування гірських порід в умовах Петрівського, Глеєватського кар'єрів ВАТ «ЦГЗК»Кривбасу, на кар'єрах «Томашгород», «Віта Сорис», «Сівач» Корсунь-Шевченківського кар'єроуправління нерудних корисних копалин при руйнуванні тріщинуватих гранітних масивів для яких розроблені технологічні схеми і вони мають практичне значення. Результати передані підприємствам, де вони апробовані і впроваджені в проектах масових вибухів, що підтверджується актами в Додатках Б.

Спроектвані технологічні паспорти БПР для проходки підготовчих виробок пройшли випробування в умовах вугільних шахт ПАТ «Краснодонвугілля», небезпечних по вибуху метану, вугільного пилу і викиду породи з використанням розробленого прямого призматичного триярусного крокуючого врубу з компенсаційною свердловиною збільшеного діаметру в його центрі. Аналогічні технологічні паспорти БПР розроблені для будівництва виробок різного технологічного призначення: горизонтальних і вертикальних в напруженому гірському масиві на рудниках.

На підставі результатів проведених промислових випробувань параметрів БПР і їх впровадження виконано розрахунок економічної ефективності. Економічна ефективність від застосування розроблених рекомендацій була визначена в порівняльному аналізі двох варіантів: базового и рекомендованих параметрів технологічних паспортів БПР на проходку виробок в умовах шахт (рудників) і проведення масових вибухів в кар'єрах (Додатки Б, В). В основу розрахунку покладені фактичні витрати і з використанням запропонованих змін в нових технологічних параметрах БПР: КВШ, питомі витрати ВМ і засобів ініціювання, бурові роботи, діаметр середнього куска. Результати розрахунків наведено в додатках, які підтверджені необхідними документами.

#### Зауваження.

– для більш змістовного підтвердження геомеханічного обґрунтування раціональних параметрів БПР технології руйнування міцних гірських порід доречно було би навести в розділі розрахунок їх економічної ефективності.



### **III. Оцінка наукових положень, висновків та рекомендацій, їх новизна, обґрунтованість та вірогідність**

Автором дисертації сформульовано за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка» 5 наукових положень.

Перше наукове положення «Характер руйнування полімінеральної породи складної будови при вибуховому навантаженні залежить від її мікроструктури, яка визначається зростанням за лінійною залежністю коефіцієнта динамічного порушення від 5 до 55 тр./см, при цьому кількість новоутворених мікротріщин, які формуються по контактах мінеральних зерен збільшується до 95%, а решта – не більше 5% наслідують площинні спайності в зернах плагіоклазу і біотиту.» отримано на підставі обробки результатів експериментальних досліджень на зразках гірських порід.

Друге наукове положення «Дія детонаційної хвилі при переміщенні її фронту вздовж колонки ВР зі сферичними вставками, діаметр якої змінюється в межах від 0,5 до 0,8 відносно діаметру заряду і розташованими на відстані між собою, рівній довжині активної частини заряду сприяє перерозподілу енергії вибуху ВР від сформованого потужного ініціюючого імпульсу кумулятивної дії, який забезпечує зниження за лінійною залежністю пікових значень тиску та збільшення його тривалості на 10-15 %, підвищуючи стійкість детонації ВР і працездатність подовжених зарядів» отримано на підставі реєстрації поширення детонаційної хвилі на контакті проміжного середовища з її фронтом від вибуху зарядів ВР гранульованого тротилу (ТНТ) постійного і змінного перерізу. Обґрунтованість і достовірність результатів досліджень забезпечується достатнім обсягом експериментальних даних, які отримані з використанням апробованих методів проведення досліджень.

Третє наукове положення «Зміна тиску під час вибуху заряду ВР на масив, що руйнується, з характерним стрибком у 5-6 разів його щільності та температури до 4000° на передньому фронті, сприяє перерозподілу стискаючих напружень на відстані від 200 мм до 800 мм між центрами заряду і компенсаційної свердловини з утворенням екстремумів різкого збільшення та спадання значень максимальних напружень, що на відстані від вільної додаткової поверхні, рівній 5-10 діаметрів заряду зумовлює подальше об'ємне стискання, роздавлювання і подрібнення масиву порід під дією хвиль напружень від вибуху ВР зі збільшенням геомеханічного параметру в межах від 0,8 до 1,6, завершення руйнування яких є критерієм ефективності формування врубової порожнини у вибої виробки» отримано в результаті математичного моделювання впливу гірничо-геологічних і технологічних умов проходки виробки на закономірності зміни в часі геомеханічних параметрів НДС масиву гірських порід з урахуванням просторового розташування зарядів ВР у вибої підготовчої виробки. Обґрунтованість і достовірність встановлених

закономірностей зміни в часі геомеханічних параметрів НДС масиву гірських порід з урахуванням просторового розташування зарядів ВР у вибої підготовчої виробки забезпечується достатньою збіжністю експериментальних і теоретичних даних, які не перевищують 10 %.

Четверте наукове положення «Співвідношення малої та великої осей компенсаційної порожнини еліптичної форми за умов, коли довжина малої осі змінюється від 60 до 80 мм, а великої від 60 до 100 мм при вибуховому руйнуванні твердого середовища зарядами ВР різної конструкції, які сприяють зростанню за поліноміальною залежністю максимального виходу середніх фракцій з показником  $K_{\text{сер}}$ , що дорівнює 75 % від загальної кількості середніх фракцій, а за лінійною залежністю збільшується максимальний вихід дрібних фракцій з показником  $K_{\text{дрб}}$ , рівному 80 % та великих, які зменшуються при  $K_{\text{вел}}$ , рівному 70 % по відношенню до кількості всіх фракцій». Новизна наукового положення полягає у встановленні залежностей показника максимального виходу дрібних, середніх і великих фракцій від співвідношення малої та великої осей компенсаційної порожнини еліптичної форми під час руйнування твердого середовища вибухом заряду ВР на компенсаційний простір. Обґрунтованість і достовірність встановлених залежностей показника максимального виходу дрібних, середніх і великих фракцій забезпечується достатньою збіжністю експериментальних і теоретичних даних, які підтверджуються отриманим високим коефіцієнтом детермінації 0,92-0,98.

П'яте наукове положення «Вибухове руйнування масиву міцних гірських порід комбінованими зарядами ВР діаметром свердловин від 150 до 250 мм, глибиною буріння 11...16 м з перебором до 1,5 м та зміни механізму навантаження масиву через перерозподіл енергії під час вибуху ВР в зарядних порожнинах і урахування в коригованих параметрах буропідливних робіт коефіцієнта анізотропії порід, який змінюється в межах 1,14...1,4, сприяє розподілу гранулометричного складу відбитої гірничої маси за логарифмічною залежністю зі зменшенням на 25-30 % діаметра середнього куска, питомих витрат промислових ВР, які лінійно зменшуються в залежності від глибини свердловини і маси ВР в ній зі збереженням проектною позначки підосви уступу». Новизна наукового положення полягає у встановленні впливу змін коефіцієнту анізотропії порід в коригованих параметрах буропідливних робіт на механізм навантаження масиву гірських порід за рахунок перерозподілу енергії вибуху ВР в комбінованих зарядах ВР, що сприяє рівномірному розподілу гранулометричного складу відбитої гірничої маси зі зменшенням діаметру середнього куска, питомих витрат промислових ВР зі збереженням проектною позначки підосви уступу. Обґрунтованість і достовірність встановленого впливу коефіцієнту анізотропії порід в коригованих параметрах буропідливних робіт на механізм навантаження масиву гірських порід вибухом забезпечується

достатнім об'ємом і збіжністю експериментальних та теоретичних даних, які не перевищують 10 %.

Дисертант для розв'язання поставлених задач використав апробовані методи досліджень: аналіз, узагальнення й систематизація теоретичного та практичного досвіду, методи фізичного і математичного моделювання, аналітичний та графоаналітичний метод досліджень. Методи відповідають поставленим задачам, що дозволяє твердити про обґрунтованість та вірогідність наукових положень та висновків дисертації.

#### **IV. Значення одержаних в дисертації результатів для науки та практики**

Наукове значення полягає у розробці геомеханічних основ створення способів вибухового руйнування міцних гірських порід на підставі встановлених закономірностей зміни напружено-деформованого стану твердого середовища під впливом різних умов динамічного навантаження; врахуванню процесів формування, взаємодії, перерозподілу та переміщенню потужного ініціюючого імпульсу кумулятивної дії під час вибуху ВР в зарядах змінного перерізу; зміни форми вибухового імпульсу зі зниженням пікових значень тиску і збільшення його тривалості, що дозволило обґрунтувати параметри і розробити нові способи руйнування міцних гірських порід з метою ефективного дроблення гірських порід системою подовжених зарядів ВР та створенню безпечних умов існування об'єктів цивільного і промислового призначення на територіях з розвинутою інфраструктурою.

Практичне значення полягає у розробленні способів і методик експериментальних досліджень щодо оцінки характеру руйнування міцних гірських порід при різних умовах їх динамічного навантаження, способів оцінки структурних змін, питомої поверхневої енергії руйнування, характеру тріщиноутворювання в анізотропних гірських породах складної будови при різних умовах їх динамічного навантаження, імітаційного моделювання руйнування твердого середовища вибухом, приладів ініціювання і реєстрації хвильових процесів під час вибуху зарядів ВР, методики розрахунку основних параметрів прямих врубів з компенсаційною порожниною при проведенні горизонтальних гірничих виробок у міцних напружених породах, нових способів формування свердловинних зарядів кумулятивної дії і руйнування локально-тріщинуватих, тріщинуватих міцних гірських порід складної будови, способів формування врубової порожнини і проходки гірничих виробок різного технологічного призначення, обґрунтуванні науково-технічних основ створення ресурсозберігаючої і безпечної технології ведення БПР на кар'єрах рудних і нерудних корисних копалин, вугільних шахт Донбасу, рудниках Кривбасу і ДП СхідГЗК.

## **V. Конкретні шляхи використання одержаних наукових та прикладних результатів**

Наукові результати виконаних досліджень використані:

– в проектах масових вибухів при руйнуванні тріщинуватих і локально-тріщинуватих анізотропних гірських порід для умов Петрівського, Глеєватського кар'єрів ВАТ «ЦГЗК» Кривбасу, кар'єрів «Томашгород», «Віта Сорис», «Сівач» Корсунь-Шевченківського кар'єроуправління в рамках держбюджетної тематики;

– в технологічних паспортах БПР для проходки польових виробок в умовах шахт ПАТ «Краснодонвугілля» і в аналогічних умовах глибоких шахт Донбасу в рамках держбюджетної тематики.

## **VI. Загальні зауваження по роботі**

1. В роботі представлений достатній обсяг теоретичних і експериментальних досліджень та їх математичної обробки, але варто було б більш ширше використовувати комп'ютерне моделювання динамічних процесів вибухового руйнування твердого середовища з адаптуванням їх до реальних умов гірського масиву.

## **VII. Загальні висновки по дисертації**

1. В дисертації дано рішення актуальної наукової проблеми, яка стосується розвитку геомеханічних основ створення способів вибухового руйнування міцних гірських порід, які полягають у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану твердого середовища під впливом різних умов динамічного навантаження; врахування процесів формування, взаємодії, перерозподілу та переміщенню потужного ініціюючого імпульсу кумулятивної дії під час вибуху ВР в зарядах змінного перерізу зі зміною його форми; зниження пікових значень тиску і його тривалості, що дозволило розробити і обґрунтувати параметри нових способів руйнування міцних гірських порід з метою ефективного їх дроблення системою подовжених зарядів ВР та створення безпечних умов існування об'єктів цивільного і промислового призначення на територіях з розвинутою інфраструктурою, впровадження яких дозволило отримати фактичний економічний ефект у сумі понад 4,5млнгрн, що має суттєве значення для підвищення ефективності роботи гірничодобувних підприємств України.

2. Наукові положення дисертації мають наукову новизну, достатньо обґрунтовані і достовірні.

3. Результати досліджень автора використані в проектах масових вибухів при руйнуванні тріщинуватих і локально-тріщинуватих анізотропних гірських порід для умов ГЗК Кривбасу, кар'єрів ПрАТ «Укragровибухпром» і в технологічних паспортах БПР для проходки польових виробок в умовах шахт ПАТ

«Краснодонвугілля» і в аналогічних умовах глибоких шахт Донбасу.

4. Опубліковані роботи і автореферат дисертації відображають основний зміст дисертаційної роботи.

5. Дисертація написана технічно грамотною мовою, її оформлення відповідає сучасним вимогам.

На підставі вище викладеного вважаю, що дисертаційна робота «Розвиток геомеханічних основ створення способів вибухового руйнування міцних гірських порід» відповідає спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка», представляє закінчену наукову роботу, відповідає існуючим вимогам ВАК України щодо кваліфікаційних робіт, а її автор, **Іщенко Костянтин Степанович**, за вирішення науково-технічної проблеми, яка стосується розвитку геомеханічних основ створення способів вибухового руйнування міцних гірських порід, які полягають у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану твердого середовища під впливом різних умов динамічного навантаження; врахування процесів формування, взаємодії, перерозподілу та переміщенню потужного ініціюючого імпульсу кумулятивної дії під час вибуху ВР в зарядах змінного перерізу зі зміною його форми; зниження пікових значень тиску і його тривалості, що дозволило розробити і обґрунтувати параметри нових способів руйнування міцних гірських порід з метою ефективного їх дроблення системою подовжених зарядів ВР та створення безпечних умов існування об'єктів цивільного і промислового призначення на територіях з розвинутою інфраструктурою, впровадження яких дозволило отримати фактичний економічний ефект у сумі понад 4,5млнгрн, що має суттєве значення для підвищення ефективності роботи гірничодобувних підприємств України, заслуговує присудження вченого ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, професор професор  
кафедри геoinженерії «Національного технічного  
університету України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України



Зусвська Н.В.

Підпис д.т.н., проф. Зусвської Наталі Валеріївни  
засвідчую: