

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Кононенка Максима Миколайовича «Геомеханічне обґрунтування параметрів підземної інфраструктури при видобуванні залізної руди із застосуванням емульсійних вибухових речовин», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальностями
05.15.09 – «Геотехнічна та гірнича механіка» і
05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво»**

Аналіз дисертаційної роботи Кононенка М. М. «Геомеханічне обґрунтування параметрів підземної інфраструктури при видобуванні залізної руди із застосуванням емульсійних вибухових речовин» дозволяє зробити наступні узагальнені висновки щодо актуальності ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми роботи, її зв'язок з науковими програмами, пріоритетними напрямками науки і техніки

Нарощування темпів підземної розробки залізних руд в Україні на даному етапі пов'язане з безумовним розширенням з застосуванням емульсійних вибухових речовин (ЕВР), яке було розпочато в 2009 році і доведено до 58% від усіх промислових вибухових речовин. При їх впровадженні були отримані, поперше, достатньо вагові результати з промислових та екологічних сторін. Разом з тим, не було досягнуте глибоке визначення фізико-хімічних особливостей та детонаційних характеристик ЕВР при руйнуванні тріщинуватих порід з ущільненням під дією гірського тиску та вибуху. Особливі складнощі при дії ЕВР були обумовлені при проведенні вибухової відбійки порід свердловинами великої довжини в розкривальних, підготовчо-нарізних та очисних виробках.

В теперішній час в деяких країнах, де проводиться видобування залізних руд на великих глибинах, розроблена значна кількість методик по розрахунку параметрів інтенсифікації буропідривних робіт (БПР) для проведення виробок різного призначення. Однак, більшість з тих методик, в тому числі з застосуванням ЕВР, має емпіричний характер, який ґрунтується на використанні правних коефіцієнтів, а також аналітичного визначення зон руйнування масиву.

При встановленні параметрів цих зон недостатньо враховані, крім діаметру зарядної порожнини, детонаційні характеристики вибухових речовин та міцність і водонасиченість порід, тріщинуватість та ущільнення порід під дією гірського тиску та вибуху. Крім того, для створення рівномірної швидкості детонації у наливних ЕВР, необхідно враховувати зміну їх густини по довжині за-

ряду при доведенні її до критичних значень.

Таким чином, необхідність геомеханічного обґрунтування фізико-хімічних параметрів ЕВР, що суттєво підвищують ефективність ведення БПР в підземних умовах при видобуванні залізних руд шляхом теоретичного обґрунтування параметрів зон зминання, інтенсивного подрібнення та тріщиноутворення у породних масивах є актуальною науково-технічною проблемою.

Тематика дисертаційної роботи відповідає ряду державних постанов в області координаційних планів сталого розвитку «Гірничих наук» і гірничодобувних регіонів України в 2015-2022 роках та планів науково-дослідних робіт НТУ «Дніпровська політехніка».

Оцінюючи наукові результати дисертації, слід зазначити значний обсяг досліджень, присвячених чисельному моделюванню геомеханічних процесів на різних стадіях розвитку гірничих робіт з застосуванням в підземних умовах емульсійних вибухових речовин та визначенням зон зминання, інтенсивності подрібнення порід і тріщиноутворення у масиві порід.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується використанням апробованих методів досліджень, задовільним збігом теоретичних та емпіроаналітичних досліджень чисельного моделювання і натурних експериментів, апробацією розроблених методик на реальних об'єктах, позитивним досвідом впровадження результатів дослідження на рудних шахтах Кривбасу та ПрАТ «ЗЗРК».

У дисертації автором захищаються чотири наукові положення.

Перше наукове положення

Радіуси зон зминання, інтенсивного подрібнення та тріщиноутворення, що формуються при вибуховому руйнуванні гірського масиву, змінюються за степеневою залежністю від діаметру заряду ВР, тиску продуктів вибуху у зарядній порожнині, міцності порід на розтягання-стискання, коефіцієнтів структурного ослаблення та ущільнення, що підвищує точність оцінки параметрів руйнування гірського масиву до 48%.

Достовірність першого наукового положення доведена численними теоретичними дослідженнями з використанням апробованих методів суцільного середовища при динамічному навантаженні.

Друге наукове положення

Початкова густина наливної ЕВР Україніт-ПП-2 у сформованій колонці заряду змінюється під дією гідростатичного тиску за степеневою залежністю від її довжини та кута нахилу зарядної порожнини у діапазоні 0° - 90° , що дозво-

ляє за зміною швидкості детонації визначати місця розташування патронів-бойовиків (П-Б) і запропонувати конструкції зарядів у свердловинах.

Достовірність вказаного наукового положення доведена результатами експериментальних досліджень з визначенням швидкості детонації ЕВР в залежності від діаметру заряду та густини вибухової речовини Україніт-ПП-2 з урахуванням її довжини та місць розташування патронів-бойовиків.

Третє наукове положення

Розрахунок параметрів БПР при проведенні горизонтальних і похилих гірничих виробок з використанням ЕВР Україніт-ПП-2 базується на принципі розміщення груп шпурів за площами, які вони займають у вибої виробки, та розташуванням їх за відбійними контурами, а ЛНО шпуру визначається радіусом зони інтенсивного подрібнення. Показники зон руйнування масиву є основою нової методики розрахунку параметрів БПР для проведення підняткових виробок методами шпурових і свердловинних зарядів.

Достовірність вказаного наукового положення доведена обґрунтуванням раціонального розміщення груп зарядів та визначення їх параметрів та ЛНО на основі розрахунку показників радіуса зон інтенсивного подрібнення, які являються основою нової методики розрахунку БПР для проведення підняткових виробок.

Четверте наукове положення

Підвищення ефективності БПР зі зменшенням витрат на проведення виробок до 18%, а відбивання масиву порід до 50% досягається використанням ЛНО, що змінюється за ступеневою залежністю від радіуса зони зминання, щільності та швидкості детонації ВР, діаметру шнуру або свердловини, межі міцності порід на стискання, їх тріщинуватості та ущільнення під дією гірського тиску та вибуху, а при патронованій ВР ще й від діаметру заряду.

Достовірність вказаного наукового положення доведена результатами аналітичних досліджень та чисельного моделювання, які пов'язані з обґрунтуванням параметрів БПР при проведенні підготовчих виробок з застосуванням ЕВР та врахуванням ступеня реалізації їх швидкості детонації, міцності порід на стискання, їх тріщинуватості та ущільнення під дією гірського тиску та вибуху.

До основних результатів наукової новизни дисертаційної роботи, на думку опонента, слід віднести наступне

1. Вперше розроблені аналітичні моделі радіусів зон зминання, інтенсивного подрібнення та тріщиноутворення, що формуються навколо вибухового заряду, в яких враховуються діаметри зарядної порожнини та заряду ЕВР, дето-

наційні характеристики ВР, міцність порід, а також тріщинуватість і ущільнення під дією гірського тиску та вибуху, що збільшує точність визначення області руйнування масиву на 48%.

2. Вперше зазначено перерозподіл густини наливних ЕВР у зарядних порожнинах з різними кутами нахилу та встановлено закономірності зміни густини ЕВР Україніт-ПП-2 в сформованій колонці заряду довжиною до 55 м у залежності від її початкової густини та кута нахилу свердловини від 0 до 90°.

3. Вперше встановлені степеневі залежності зміни швидкості детонації ЕВР Україніт-ПП-2 від її густини та діаметру зарядної порожнини, що дозволило визначити раціональну початкову густину в 800-1000 кг/м³ і при цьому зберігається швидкість детонації за довжиною колонки заряду до 35 м при різних кутах нахилу свердловин.

4. Вперше отримано залежність ЛНО шпуру від радіусу зони зминання, діаметрів шпуру та заряду, детонаційних характеристик ВР, межі міцності порід на стискання, їх тріщинуватості та ущільнення під дією гірського тиску та вибуху, що дозволило обґрунтувати параметри БПР для відбивання масиву за зоною інтенсивного подрібнення при проведенні горизонтальних і похилих гірничих виробок.

5. Набула подальшого розвитку аналітична модель зминання зі встановленням ступеневої залежності показників ЛНО, що враховують її радіус, діаметр свердловини, щільність та швидкість детонації ВР, межу міцності руди на стискання, її тріщинуватість, ущільнення під дією гірського тиску та вибуху і розміру кондиційного куска руди.

6. В розвитку зроблена параметризація закономірностей зміни швидкості детонації наливної ЕВР Україніт-ПП-2 в залежності від її густини та діаметру зарядної порожнини, що дозволило визначити коефіцієнт роботоздатності для ПВР, при застосуванні якого комплексно враховується теплота та об'єм продуктів вибуху, густину ВР та швидкість детонації.

7. Удосконалено відому ступеневу залежність визначення ЛНО при дії свердловинних зарядів для відбивання породного масиву через уточнення коефіцієнту відносної роботоздатності ПВР, яким враховується ступінь реалізації швидкості детонації ВР.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у наступному.

1. Розроблена методика розрахунку густини наливних ЕВР по довжині заряду під дією гідростатичного тиску при різних кутах нахилу висхідних та низхідних свердловин і створено програму-калькулятор «Густина та швидкість детонації», яка дозволяє розраховувати густину та швидкість детонації вздовж колонки заряду для наливної ЕВР Україніт-ПП-2.

2. Розроблена та реалізована методика розрахунку коефіцієнту відносної роботоздатності ПВР за ступенем визначення швидкості детонації.

3. Розроблена та впроваджена нова методика розрахунку параметрів БПР при проведенні виробок, в основу якої закладено принцип розміщення груп шпурів за площами, їх розташування відбійними контурами, а ЛНО шпурів за радіусом зони інтенсивного подрібнення.

4. Розроблена комп'ютерна програма побудови паспорту БПР «Україніт-проходка», при реалізації якої повністю автоматизований процес розрахунку, побудови та формування паспорту при проведенні виробок прямокутно-склепінчастої, аркової та прямокутної форм.

5. Удосконалена галузева методика розрахунку параметрів БВР для відбивання породного масиву шляхом уточнення коефіцієнту роботоздатності ПВР із врахуванням ступеня реалізації швидкості детонації ВР.

6. Реалізовані методики розрахунку параметрів розташування свердловин за радіусом зони інтенсивного подрібнення та розміру кондиційного куска руди.

7. Розроблені рекомендації щодо раціональних місць розташування патрона-бойовика (П-Б) та конструкції зарядів ЕВР для висхідних та низхідних свердловин за зміною густини та швидкості детонації вздовж заряду наливної ЕВР з використанням прямого, зворотного, прямого з дублюванням та зустрічного ініціювання.

8. Розроблені технологічні схеми відбивання руди за допомогою низхідних віял свердловин із застосуванням ЕВР для покладів руди потужністю понад 5 м.

9. Розроблена та реалізована комп'ютерна програма побудови проекту на підсікання запасів руди у блоці «Україніт-підсічка», при застосуванні якої автоматизується процес розрахунку, побудови та формування воронки або трапешей.

10. Результати виконаних досліджень використані у навчальному процесі в національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» шляхом видання 3-довідників і 2-х навчальних посібників, 2-х підручників, а також 9-ти матеріалів методичного забезпечення.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих наукових працях

Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано 54 наукових роботах, з яких: 1 монографія, 18 статей у наукових фахових виданнях України та 3 у міжнародних рецензованих виданнях, 17 робіт у наукометричних базах Scopus і Web of Science, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, 2

патенти на винаходи, 13 статей і тез доповідей у матеріалах конференцій, 2 посібника, 2 підручника і 3 довідника: з них 1 – за кордоном.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основному змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення виконаних досліджень.

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6-ти розділів, висновків, списку використаних джерел із 275 найменувань на 25-ти сторінках і 2 додатків на 15-ти сторінках. Містить 79 рисунків, 55 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 365 сторінок.

Структуру дисертації побудовано методично вірно, а викладання матеріалу є логічно послідовним. Стил та мова дисертації відповідає стилістиці написання наукових робіт. В тексті роботи використовується загально прийнята науково-технічна термінологія.

Дискусійні положення та зауваження

1. На стор. 3 і 5 анотації, стор. 30 вступу та стор. 105, 106 роботи вказано, що запропоновані теоретичні положення та методики визначення зон руйнування масиву в роботах більшості науковців розглядалися лише для двох зон – зминання та тріщиноутворення для ВР з механічних сумішей, а зона інтенсивного подрібнення не розглядалась, в тому числі і з застосуванням емульсійних ВР. Можна погодитися, що дійсно умови руйнівного використання емульсійних ВР, особливо для підземних робіт, не розглядалися. Але теоретичні положення при визначенні параметрів зони інтенсивного подрібнення порід у багатьох авторів, включаючи професорів Кутузова Б. Н., Покровського Н. М., Мінделі Е. О., Друкованого М. Ф., Коміра В. М., Кузнецова В. М., Єфремова Е. І., Мосіндя В. Н., Ханукаєва А. Н. та інших розроблялись.

2. На стор. 64 автор оцінює питомі витрати ВР для монолітних порід зі слабкою тріщинуватістю і далі на стор. 65 «дрібною» тріщинуватістю. Таке формулювання тріщинуватості згідно класичних класифікацій Протод'яконова М. М., Раца М. В. і Чернишова С. Н. є некоректним.

3. На стор. 92 та 93 в формулах без номерів наданий параметр L , але не вказано, що він визначає.

4. На стор. 106 автор при аналізі механізму руйнування скельних порід, згідно з працями проф. Покровського Г. І., відмічає що «...у радіусі ударної хвилі утворюється зона стискання, в якій порода зазнає пластичних деформацій і формується зона зминання». Таке формулювання для скельних порід є не зо-

всім коректним. Необхідно, на мій погляд, відмічати це термінами «квазіпластичних» або «псевдопластичних деформацій».

5. На стор. 134 назва параграфу 2.4 «Скінченно-елементний аналіз руйнування масиву гірських порід навколо зарядної порожнини» стилістично невірна, оскільки цей метод чисельного моделювання використовується для вирішення задачі теоретичного обґрунтування механізму руйнування гірських порід при вибуху та інших геомеханічних розрахунків.

6. На стор. 170 посилання на роботу [195] не зовсім коректне, оскільки на стор. 171 в тексті наводиться інформація про зниження витрат на підривні роботи, а в роботі [195] наводяться дані про екологічну безпеку при використанні емульсійних ВР на гірничих підприємствах.

7. На стор. 210 (схема на рис. 4.3), стор. 221 (рис. 4.7) та стор. 225 (рис. 4.10) відстані між контурними шпуровими зарядами суттєво завищені і контур, особливо по дугах, зробити складно. Тим більше, що породи достатньо міцні (див. табл. 4.3 та 4.5).

8. На стор. 227 та 235 наведено, що розташування контурних шпурів або свердловин визначається за допомогою радіусу зони інтенсивного подрібнення, що знаходиться біля заряду ВР. Це твердження не зовсім вірне, оскільки між контурними зарядами необхідно створювати тріщину.

9. На стор. 247 і раніше в роботі не було вказано яким способом виконувалось визначення гранулометричного складу відбитих при вибуху залізних руд.

Загальний висновок

Наведені вище зауваження щодо дисертаційної роботи Кононенка М. М. не носять принципового характеру та не впливають на її достатньо високу позитивну оцінку. В цілому, робота представляє самостійне завершене наукове дослідження, а її основні положення є науково обґрунтованими, достовірними і корисними, як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Вважаю, що дисертаційна робота Кононенка М. М. «Геомеханічне обґрунтування параметрів підземної інфраструктури при видобуванні залізної руди із застосуванням емульсійних вибухових речовин» є завершеною науково-дослідною працею, яка відповідає вимогам до дисертації на здобуття вченого ступеню доктора технічних наук, а також паспортам спеціальностей 05.15.09 – «Геотехнічна та гірнична механіка» та 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво».

За високий науковий рівень геомеханічного обґрунтування параметрів підземної інфраструктури під час видобування залізної руди із застосуванням емульсійних вибухових речовин на основі встановлених закономірностей пара-

метрів зон руйнування масиву навколо зарядної порожнини у залежності від властивостей ВР, динаміки вибуху та зміни показників гірського масиву у просторі на основі математичного моделювання, програмного забезпечення та експериментальних досліджень Кононенко Максим Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальностями 05.15.09 – «Геотехнічна та гірнича механіка» та 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво».

Офіційний опонент,
 доктор технічних наук, професор,
 професор кафедри транспортної інфраструктури
 Українського державного
 університету науки і техніки
 Міністерства освіти і науки України



Відрук стріжковий
В.О. Венімо секретар



В.О. Венімо секретар
В.О. Венімо секретар