

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Сахна Івана Георгійовича «Наукові основи управління станом гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами при підземній розробці родовищ», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

**Актуальність теми.** Стратегія економічного розвитку України передбачає суттєве покращення шахтного фонду вугільної галузі, яка є головним енергоносієм країни і гарантом її енергетичної і економічної незалежності. Актуальним і важливим науково-технічним завданням є збереження великої мережі виробок у належному експлуатаційному стані. Вирішення цього питання пов'язано з необхідністю дослідження напружено-деформованого стану порід низкою методів моделювання, а особливість роботи Сахна І.Г. і полягає у дослідженні цього комплексу завдань при застосуванні невибухових руйнуючих сумішей з урахуванням кінетики їх гідратації в шпурових і свердловинних зарядах у часі. Особливістю вивчення НДС є його аналіз та дослідження на різних етапах підтримання виробок.

Вирішення комплексу питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційного стану виробок при безпечному веденні гірничих робіт із застосуванням невибухових руйнуючих сумішей (НРС), у взаємозв'язку з фізичними процесами, що протікають, розрахунком оптимальних параметрів є дуже своєчасним і досить актуальним питанням.

Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 р. № 942 «Технології виявлення й оцінки корисних копалин, їх раціонального й безпечного видобутку», стратегією розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року «Вугільна промисловість», а також із пріоритетним тематичним напрямком наукових досліджень ДВНЗ «ДонНТУ» відповідно до наказу МОНМС України від 07.07.2011 р. № 535 «Високоєфективне встаткування й ресурсозберігаючі технології в гірничий, геологороз-

відувальній і нафтовій галузях промисловості», що входять до держбюджетних тем ДВНЗ «ДонНТУ»: «Розробка та впровадження нетрадиційних ресурсозберігаючих технологій управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробок» (№ держреєстрації 0110U001053); «Розвиток теоретичних основ управління геомеханічним станом дискретного породного масиву для забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт» (№ держреєстрації 0111U002118); Н 5-11 «Дослідження напружено-деформованого стану і міцнісних властивостей гірського масиву в умовах ВП «Шахта Стаханова» і розробка заходів для підтримання виробок позаду лави»; Н 11-13 «Удосконалення способів підвищення стійкості гірничих виробок в умовах глибоких шахт» (№ держреєстрації 0113U001787). В рамках держбюджетної теми УкрНДМІ НАН України «Геомеханічні, гідрогеологічні і геологічні процеси у гірських масивах при консервації гірничодобувних підприємств» (№ держреєстрації 0110U007406); госпрозрахункової теми ТОВ «Технопарк ДонДТУ «УНІТЕХ» з ПАТ ШУ«Покровське» №320/10 «Розробка способу невибухового руйнування негабаритних блоків гірських порід в очисному вибої».

Оцінюючи наукові результати дисертаційної роботи, слід вказати на ряд позитивних передумов, що забезпечують якість отриманих результатів при розв'язанні поставленої науково-технічної проблеми.

По-перше, автор обґрунтовано підійшов до вирішення основних задач дисертаційної роботи, використовуючи комплекс ефективних методів досліджень.

Окремо необхідно визначити великий обсяг досліджень присвячених питанням безпечного й керованого руйнування гірських порід та забезпечення стійкості гірничих виробок.

По-друге, не зважаючи на достатню вивченість об'єкту та велику кількість методів досліджень його стану автору вдалося зазначити концептуальні напрями підвищення ефективності застосування НРС в умовах підземних гірничих виробок.

#### **Основні наукові положення, які виносяться на захист:**

1. При розширенні НРС тиск у гірських породах змінюється за логарифмічною залежністю від жорсткості системи «НРС – масив», температури і впливу

електричного поля. Управління кінетикою гідратації НРС, що здійснюється шляхом його попереднього стиснення 0,26 – 17,5 МПа, збільшує за квадратичною залежністю тиск у 1,05 – 1,37 разів. Дія електричного поля на НРС викликає зростання швидкості реакції гідратації по експоненті від величини електричної напруги до 300 разів. Це дозволяє підвищити ефективність руйнування гірських порід при відновленні експлуатаційного стану гірничих виробок.

2. При розміщенні двоелементного патрона НРС з зазором ( $a$ ) між силовими елементами 4 – 27% від діаметра шпуру ( $d$ ) на стінках останнього створюються концентратори розтягуючих напружень, коефіцієнт яких описується зворотною статечною залежністю відносини  $a/d$  ( $k = 1,9 - 4$ ), що дозволяє керувати швидкістю і напрямком руйнування гірських порід при проведенні гірничих виробок і забезпеченні їх стійкості.

3. Критичні напруження  $[\sigma_{1max}]$  в основній покрівлі зростають за поліноміальною залежністю другого порядку при збільшенні довжини породної консолі у виробленому просторі. Локалізація  $[\sigma_{1max}]$  визначається співвідношенням жорсткостей охоронної споруди  $c_n$  та пласта  $c_y$ , так, при  $c_n/c_y > 1$ ,  $[\sigma_{1max}]$  формуються над охоронною спорудою, викликаючи руйнування покрівлі в стані узагальненого зсуву, при  $c_n/c_y < 1$ , місце  $[\sigma_{1max}]$  та руйнування основної покрівлі – з боку пласта. Це дозволяє визначати пріоритетні напрямки управління НДС масиву з урахуванням якісних змін механізму навантаження охоронної системи.

4. При вміщенні НРС у покрівлю над охоронною спорудою відбувається зміна градієнту і екстремуму  $[\sigma_{1max}]$  в основній покрівлі над виробкою, що підтримується за лавою, і збільшення  $[\sigma_{1max}]$  за лінійною залежністю від тиску розширення  $P$ , що викликає первинне руйнування покрівлі в присвердловинній області при  $P$  у 1,14 разів більше міцності порід на одновісне розтягнення  $[\sigma_p]$  незалежно від  $c_n/c_y$ , а при  $P = 4,3[\sigma_p]$   $[\sigma_{1max}]$  над охоронною спорудою перевищують  $[\sigma_p]$  у 3 рази і у 1,6-1,8 рази вище, ніж з боку пласта, що дозволяє керувати часом та місцем обвалення основної покрівлі.

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

- детально досліджена кінетика гідратації і фізико-механічні властивості НРС та встановлена залежність розширення НРС від стадії гідратаційного твердіння при зміні фазового стану води в розчині;
- на базі комплексного дослідження системи «НРС – масив» отримані закономірності зміни кінетики розширення НРС, що є науковою базою для обґрунтованого руйнування гірських порід;
- вперше отримано експоненціальну та логарифмічну залежності модуля деформації НРС від значення середніх напружень при розширенні суміші близькому до нуля і до 13,6%;
- встановлено залежність критичних напружень в основній покрівлі від довжини породної консолі у виробленому просторі та співвідношення жорсткостей охоронної споруди та пласта, що дозволяє керувати руйнуванням порід;
- вперше досліджено механізм розпору НРС, вміщеними в шпури, для підвищення несучої здатності блочно-дискретного середовища гірських порід.

**Практична цінність дисертаційної роботи** полягає у наступному:

- створено методику визначення параметрів руйнування гірських порід у підземних гірничих виробках за допомогою невибухових руйнуючих сумішей;
- розроблені «Рекомендації по застосуванню невибухових руйнуючих складів в умовах підземних гірничих виробок вугільних шахт Донбасу»;
- розроблено методику визначення параметрів способу боротьби зі здиманням підосви гірничих виробок з мінімальними енерговитратами на руйнування порід підосви за рахунок спрямованого локального квазістатичного впливу;
- захищені патентами України спосіб кріплення гірничих виробок, які проведені у породах, схильних до здимання, і спосіб підвищення стійкості підосви гірничої виробки;
- розроблено методику визначення параметрів способу зміцнення гірських порід в процесі підтримання виробки, заснованого на ефекті стиснення зруйнованих порід за допомогою НРС;

- створено методику визначення параметрів способу кріплення гірничих виробок, заснованого на зміні співвідношення компонентів напружень поблизу гірничої виробки за допомогою НРС, вміщених в шпури;

- розроблено методику визначення параметрів способу охорони підготовчих виробок, заснованого на зміні НДС масиву шляхом запобігання зависанню основної покрівлі на межі з виробленим простором, а також управлінні часом і місцем її руйнування;

- розроблено, запатентовано й випробувано модифіковані НРС з додаванням етанової кислоти і гумату натрію;

- визначено способи невибухового руйнування гірських порід, засновані на управлінні кінетикою розширення НРС за допомогою попереднього стиснення в зарядній камері, регулювання теплообмінних процесів між зарядом НРС і гірськими породами, впливу на НРС електричного поля;

- обґрунтовано метод розрахунку параметрів способу спрямованого руйнування гірських порід за допомогою НРС, заснованого на створенні на стінках шпуру в заданому напрямку концентраторів розтягуючих напружень. Запропоновані конструкції патронів НРС для реалізації способу, які захищені патентами України;

- розроблено спосіб проведення гірничих виробок, захищений патентом України, в якому за рахунок квазістатичного впливу на гірські породи досягається їх руйнування зі збереженням природної міцності і несучої здатності порід приконтурної зони та обґрунтовано методику визначення параметрів способу;

- розроблено й апробовано спосіб ремонту гірничих виробок, в якому за рахунок спрямованого квазістатичного впливу на породи, зміщені в порожнину виробки, досягається їх руйнування і плавне опускання з урахуванням площин ослаблення по кліважним тріщинам, при відсутності знеміцнення приконтурних порід.

Усі наведені вище технологічні рішення в методиках захищені патентом України як способи.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність.** Обґрунтованість та достовірність отриманих автором наукових результатів, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи підтверджена представницьким обсягом вихідної фактичної інформації кількісною оцінкою надійності й точності розроблених розрахункових схем, задовільною збіжністю прогнозних і фактичних даних, коректністю постановки задач, успішною реалізацією розроблених з використанням запропонованих методів рекомендацій у виробничій і проектній практиці.

**Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях.** Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи опубліковано у 83 наукових працях, у тому числі в 42 статтях у спеціалізованих наукових виданнях, 18 матеріалах конференцій та симпозіумів, 20 патентах на винахід, 2 патентах на корисну модель, СОУ.

Анотат дисертації Сахна І.Г. повністю відображає зміст дисертаційної роботи.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності.** Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків і переліку використаних джерел із 350 найменувань на 38 сторінках; містить 325 сторінок машинописного тексту, 137 рисунків, 6 таблиць і додатки на 94 сторінках; загальний обсяг роботи 457 сторінок.

Текст дисертації викладено логічно, грамотно технічною мовою.

В цілому дисертація є закінченою науковою роботою, що відповідає паспорту спеціальності 05.15.02 – Підземна розробка родовищ коричневих копалин.

#### **Дискусійні положення та зауваження:**

1. На мій погляд встановлення закономірностей ще не наукова проблема. Слід проблему скорегувати під назву дисертації.

2. Першим завданням є підхід до формулювання проблематики питання.

3. Наукові положення сформульовані достатньо складно, четверте – взагалі важко для розгляду.

4. Висновки до першого розділу носять загальний характер, особливо пп.1 і 2.

5. У §2.2.1 немає чіткого обґрунтування чому серед низки методів обчислювального експерименту для розрахунку обрано метод скінченних елементів.

6. Метод, який пропонується автором у §2.2.2, є досить відомим та розповсюдженим.

7. Висновки за результатами обчислювального експерименту дуже загальні (наприклад, рис. 2.9). Не можливо на одному прикладі говорити про похибку.

8. Висновки до розділу 2 просто перелічують розробки, а не носять наукову направленість.

9. Аналітичне рішення у §4.2 закінчується визначенням радіальних та тангенціальних напружень. Неясно, де ці дослідження застосовуються у подальшій роботі.

10. Висновки до розділу 5 фактично є окремим розділом, у якому багато загального матеріалу та роздумів.

11. Розділ 6 дуже стислий. Проводилось багато експериментальних досліджень, але вони тільки перелічені. Це вплинуло на формулювання висновків, які є загальними, а не конкретними.

12. У роботі зустрічаються граматичні й стилістичні помилки та неточності.

**Загальний висновок.** Зазначені недоліки й зауваження щодо дисертаційної роботи Сахно І.Г. не носять принципового характеру та не впливають на її позитивну оцінку. В цілому робота представляє самостійне, завершене наукове дослідження, а її основні положення є науково обґрунтованими, достовірними й корисними як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Вважаю, що дисертаційна робота Сахна Івана Георгійовича «Наукові основи управління станом гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами при підземній розробці родовищ» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Міністерством освіти і науки України, зокрема п. 10, що стосується докторських дисертацій, а також паспорту спеціальності 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин.

За розвиток наукових основ управління станом гірських порід шляхом встановлення закономірностей формування напружено-деформованого стану при застосуванні невибухових руйнівних сумішей з урахуванням кінетики їх гідратації в шпурових і свердловинних зарядах у часі та комплексу технологічних факторів, Сахно Іван Георгійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор  
професор кафедри підземної розробки  
родовищ Національного гірничого  
університету (м. Дніпропетровськ)



І.А. Ковалевська

