

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Сахно Івана Георгійовича**

**«НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ГІРСЬКИХ ПОРІД НЕВИБУХОВИМИ РУЙНУЮЧИМИ СУМІШАМИ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ»**,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

### **1. Актуальність теми роботи, її зв'язок з науковими програмами, пріоритетними напрямками науки і техніки та особистий внесок здобувача у виконання наукових досліджень**

Актуальність роботи не викликає сумніву. По-перше, процесами, які обов'язково супроводжують підземну розробку твердих корисних копалин, є процеси руйнування гірських порід під час різних технологічних операцій і управління їх станом. Причому, вживання для руйнування гірських порід бур-вибухових методів із збільшенням глибини розробки і погіршенням гірсько-геологічних умов на шахтах Донбасу стає все більш не ефективним і небезпечним. На зміну цьому приходять статичні способи руйнування порід не-вибуховими руйнівними сумішами (НРС). Однак застосування НРС можливе тільки після вивчення особливостей їх гідратаційного твердіння й розширення в температурних і силових полях, властивих породам, що вміщують підземні гірничі виробки.

Проблема безпечного ведення гірничих робіт у складних умовах потребує встановлення закономірностей формування напружено-деформованого стану масиву гірських порід за рахунок розширення НРС у шпурових й свердловинних зарядах. Необхідно розглянути процеси кінетики гідратації НРС, динаміку підвищення напружень, конструкції заряду, фізико-механічні властивості породного масиву для консолідації й руйнування гірських порід.

По-друге, представлена робота була невід'ємною частиною планових бюджетних і господарчих договірних науково-дослідних робіт Донецького національного технічного університету МОН України (м. Красноармійськ) протягом тривалого періоду часу.

Дисертаційна робота Сахно І.Г. виконана відповідно до тематичного плану науково-дослідних тем ДВНЗ ДонНТУ «Розробка та впровадження нетрадиційних ресурсозберігаючих технологій управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробок» (державний реєстраційний номер 0110U001053); «Розвиток теоретичних основ управління геомеханічним станом дискретного породного масиву для забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт» (д.р. № 0111U002118); Н 5-11 «Дослідження напружено-деформованого стану і міцносних властивостей гірського масиву в умовах ВП «Шахта Стаханова» і розробка заходів для підтри-

мання виробок позаду лави»; Н 11-13 «Удосконалення способів підвищення стійкості гірничих виробок в умовах глибоких шахт» (д.р. № 0113U001787). В рамках держбюджетної теми УкрНДМІ НАН України «Геомеханічні, гідрогеологічні і геологічні процеси у гірських масивах при консервації гірничодобувних підприємств» (д.р. № 0110U007406); госпрозрахункової теми ТОВ «Технопарк ДонДТУ «УНІТЕХ» з ПАТ Ш/У«Покровське» №320/10 «Розробка способу невибухового руйнування негабаритних блоків гірських порід в очисному вибої».

Ідея роботи полягає у використанні закономірностей формування перехідних процесів у НРС й ефекту їх статичного впливу в часі на гірський масив для управління напружено-деформованим станом порід і кріпильними системами гірничих виробок.

Таким чином, встановлення закономірностей формування напружено-деформованого стану (НДС) при застосуванні невибухових руйнуючих сумішей з урахуванням кінетики їх гідратації в шпурових і свердловинних зарядах у часі, конструкції зарядів, впливу технологічних фізичних процесів для управління станом гірських порід є важливою та актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої забезпечує ефективні технологічні параметри при видобуванні вугілля.

Автором дисертації особисто сформульовано мету і завдання дослідження, ідею роботи, її основні наукові положення, висновки і рекомендації, програму лабораторних та шахтних експериментів, розроблені методики та проаналізовано результати досліджень, обрано методи і проведені математичні дослідження. Автор брав безпосередню участь в організації та проведенні лабораторних і шахтних експериментів, апробації результатів роботи. Як керівник, відповідальний виконавець і виконавець автор брав безпосередню участь у виконанні НДР, в розробці нормативних документів.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків й рекомендацій, що сформульовані в дисертації, їх достовірність і новизна**

Формулювання наукових положень, які представлені в дисертації, базуються на результатах узагальнення матеріалів наукових джерел щодо аналізу досліджень по управлінню напружено-деформованого стану гірничого масиву біля очисних та підготовчих виробок. На цій основі сформульовані головні завдання роботи, детально була описана методологія досліджень, прилади, наукове устаткування і інструменти, а також методики експериментальних робіт. Це в цілому вселяє довіру в розумінні автором фізичного ества складних гірських процесів, що відбуваються при експлуатації вугільних родовищ, та ступені адекватності результатів експериментів.

Мета дисертаційної роботи із створення наукових основ управління станом гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами була досягнута за рахунок урахування закономірностей формування перехідних процесів у

цих сумішах та ефекту статичного впливу в часі на гірський масив і кріпильні системи гірничих виробок при підземній розробці родовищ.

В роботі на достатньо високому науковому рівні були отримані результати досліджень кінетики гідратації та фізико-механічних властивостей НРС, які є концептуальним напрямом підвищення ефективності впливу цих сумішей на технологію підземної розробки.

Лабораторні дослідження на структурних моделях і моделях з еквівалентних матеріалів показали, що на ефективність руйнування гірських порід при відновленні експлуатаційного стану виробіток робить вплив розширення НРС і тиск суміші на гірський масив, який, у свою чергу, певним чином залежить від жорсткості системи НРС-масив, температури і впливи електричного поля. В цьому полягає суть першого наукового положення.

Значення другого наукового положення полягає в можливості управління швидкістю і напрямом руйнування гірських порід при проведенні гірських вироблень, а також забезпечення їх стійкості за рахунок рекомендацій по параметрах розміщення двоелементного патрона НРС у шпурі з метою досягнення концентрації розтягуючих напруг.

Підвищення ефективності роботи НРС пропонується розвивати за двома напрямками: штучним впливом фізичними полями і хімічним способом. Їх дія забезпечує підвищення тиску розширення і прискорення його зростання шляхом попереднього стиснення суміші в шпурі або свердловині, підвищення швидкості її гідратації за допомогою електричного поля, зниження ймовірності мимовільних викидів НРС та підвищення діапазону робочих температур за рахунок регулювання теплообмінних процесів.

На базі проведених лабораторних досліджень виконано обґрунтування необхідних технологічних параметрів невибухового руйнування гірських порід, розроблені і були запатентовані способи руйнування порід при рішенні різних технологічних завдань гірничого виробництва.

В основу третього наукового положення лягли пріоритетні напрями управління ПДВ масиву з урахуванням якісних змін механізму охоронної системи на базі встановлення закономірностей критичних напруг в основній кривлі від розміру порідної консолі у виробленому просторі, а локалізація цих напруг визначається нерівністю жорсткості охоронної споруди і пласта. Якщо жорсткість споруди вище жорсткості пласта, то руйнування кривлі відбувається в стані узагальненого зсуву, а в зворотному випадку – руйнування відбувається з боку пласта.

Результати досліджень можливості управління напружено-деформованим станом масиву гірських порід невибуховими руйнівними сумішами безпосередньо в прив'язці до гірничих вироблень дозволили сформулювати четверте наукове положення. Суть полягає в тому, що управління часом і місцем обвалення основної кривлі відбувається за рахунок приміщення НРС в кривлю над охоронною спорудою, завдяки чому відбувається зміна градієнта і екстремуму критичних напруг, а також збільшення руйнуючих напруг по лінійній залежності від тиску розширення НРС в присвердловинній області гірського масиву.

У заключному розділі наведені результати промислових випробувань руйнування гірських порід і управління їх НДС за допомогою НРС.

Так, цікаві результати були отримані при впровадженні способів і засобів невибухового руйнування в умовах Хлібодарівського кар'єроуправління, що розробляє інтрузивні кристалічні породи, які представлені гранітоїдами. Випробування способу спрямованого руйнування дозволили підтвердити його ефективність і достовірність розрахунку параметрів.

Проведення досліджень також показало, що в підземних умовах ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» невибухове руйнування негабаритних блоків пісковика міцністю на одновісний стиск 60-85 МПа дало позитивний ефект.

Цікаві і корисні для гірників результати досліджень по боротьбі зі здиманням підшви гірничих виробок; породи підшви виробки за допомогою НРС в умовах ВП «Шахта Добропільська» ДП «Добропільлявугілля» підтвердили працездатність нових способів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи підтверджується використанням фундаментальних положень фізики та механіки руйнування твердого тіла, положень гірничої геомеханіки; результатами натурних спостережень за деформаційними процесами у породному масиві навколо виробок, що підтримуються в різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах; використанням апробованих методик фізичного моделювання; лабораторними дослідженнями більш ніж на ста моделях; застосуванням методу математичного моделювання МСЕ, збіжністю результатів математичних, лабораторних та натурних досліджень (розбіжність не перевищує 22%); позитивними результатами випробувань способів і засобів руйнування гірських порід й управління їх НДС у шахтних умовах.

В сукупності отримані результати вирішують важливу науково-прикладну проблему створення наукових основ управління станом гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами при підземній розробці родовищ.

### **3. Повнота викладення основних положень, висновків та рекомендацій в публікаціях**

Основні положення й результати дисертації досить повно висвітлені в наукових працях, які опубліковані у спеціалізованих виданнях, добре відомі широкому колу фахівців з підземної розробки родовищ корисних копалин й доступні для використання.

Результати виконаних досліджень Сахно І.Г. викладені у 83 наукових публікаціях, з них 42 – у наукових фахових виданнях України, в тому числі 11 без співавторів, 18 – матеріали конференцій та симпозіумів, 20 – патенти на винахід, 2 – патенти на корисну модель, 1 – СОУ.

В опублікованих роботах автор дисертації виклав основні результати виконаних досліджень. В авторефераті та дисертації зазначено конкретний

особистий внесок автора в праці та розробки, які перелічені в роботі здобувачем.

Автором самостійно сформульовано мету і завдання дослідження, ідея роботи, її основні наукові положення, висновки і рекомендації, програма лабораторних та шахтних експериментів, розроблені методики та проаналізовано результати досліджень, обрано методи і проведені математичні дослідження. Автор брав безпосередню участь в організації та проведенні лабораторних і шахтних експериментів, апробації результатів роботи. Як керівник, відповідальний виконавець і виконавець автор брав безпосередню участь у виконанні НДР, в розробці нормативних документів. Зміст дисертації викладено автором самостійно.

Наукові положення, що виносяться на захист, достатньо широко були апробовані на міжнародних, республіканських і регіональних конференціях вчених гірницького профілю.

Результати виконаних досліджень, наукові положення, висновки й рекомендації повністю відображені в наукових публікаціях автора дисертації, що відповідає вимогам п. 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" (Постанова Кабінету Міністрів України, від 24 липня 2013 р. № 567).

#### **4. Відповідність змісту дисертації паспорту спеціальності 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин**

Спрямованість дисертаційної роботи характеризується як технічна, в якій вирішена актуальна науково-прикладна проблема управління станом гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами при підземній розробці родовищ.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин (затверджено постановою Президії ВАК України № 32–08/10 від 13.12.2007 р.).

#### **5. Зауваження щодо змісту дисертації**

1. В авторефераті дисертації надано не достатньо обґрунтування щодо використання метода ЯМР-спектроскопії для отримання інформації по темі дослідження.

2. Автор досить вільно використовує терміни, наприклад «водень у вільному стані», що не відповідає дійсності: водень входить у склад молекул рідин та твердих речовин і тому відрізняється різною рухливістю, що реєструється спектрометром ЯМР при запису резонансних ліній ЯМР  $^1\text{H}$  різної ширини та амплітуди. Методика дослідження речовин, що полімеризуються, методом ЯМР досить детально та повно описана, наприклад, у монографії «Радиофизика в угольной промышленности» (Алексеев А.Д.,...1992 г.), на

яку у роботі є посилання [258].

3. Коливання інтенсивності амплітуди спектральної лінії ЯМР спектрів, що відповідають початковим стадіям гідратації, мають випадковий характер і не несуть інформації про зміни в стані системи.

4. Відповідно до поставлених задач в роботі було проведено чисельне моделювання геомеханічних процесів з урахуванням їх нелінійності в масиві гірських порід поблизу гірничо-технічних об'єктів. При цьому була обґрунтована доцільність вживання базової моделі Друкера-Прагера. Для отримання поправочних функцій і коефіцієнтів необхідно було виконати спеціальні тестові експерименти, а саме, декілька фізичних експериментів на УНТС для отримання початкових даних по розроблених деформаційних моделях і їх калібрування. В дисертації були приведені дані тестування тільки на зразках вугілля (підрозділи 2.2.2 і 2.2.3), що не дає повної картини адекватності результатів даного математичного моделювання масиву гірських порід.

5. В п'ятому розділі дисертації за наслідками натурних спостережень була приведена конкретика розташування певних ділянок вироблень, їх відстаней до забою або кріплення, але немає конкретики за гірсько-геологічних умов (типи і властивості порід, глибина розробки і т.п.), а орієнтація «на шахтах міністерства...України» - дезорієнтує ситуацію. Емпірична залежність справедлива або для умов, в яких проводяться експерименти з вимірами, або для умов із заданим порядком значень властивостей гірських порід. В підрозділі 5.1 дисертації приведена прив'язка досліджень до шахти «Добропільська», умови якої не коректно поширювати на всі шахти Міністерства енергетики та вугільної промисловості України.

6. Немає сумніву у фактичній і очікуваній ефективності технологічних рішень, отриманих на базі результатів досліджень ефективності цільового використання невибухових руйнуючих сумішей. Але в них відсутній прямий зв'язок отриманих результатів з об'ємом видобутку вугілля, а значить, з економікою. В тексті дисертації не приведено ніяких економічних розрахунків, економічний ефект від результатів наукової роботи констатується по факту, а значить критерій економічної ефективності не використовується при виборі технологічних параметрів ефективного стану підготовчих виробок.

Визначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки і можуть бути предметом дискусії під час обговорення роботи.

## **6. Висновок**

Дисертація Сахно І. Г. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить наукові положення та науково обґрунтовані результати в галузі технічних наук, що розв'язують важливу науково-прикладну проблему і щодо яких здобувач є суб'єктом авторського права.

Наукові положення і результати, які виносилися на захист кандидатської дисертації здобувача, не винесені на захист докторської дисертації.

Зміст дисертації є ідентичним до змісту автореферату.

Дисертація оформлена згідно державного стандарту і повністю відповідає вимогам п. 10 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" (Постанова Кабінету Міністрів України, від 24 липня 2013 р. № 567) щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук.

Сахно Іван Георгійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин» за вирішення важливої науково-прикладної проблеми встановлення закономірностей формування НДС при застосуванні невибухових руйнуючих сумішей з урахуванням кінетики їх гідратації в шпурових і свердловинних зарядах у часі, конструкції зарядів, впливу технологічних фізичних процесів для управління станом гірських порід при відновленні експлуатаційного перетину гірничих виробок і забезпеченні їх стійкості на різних етапах підтримання, що дозволяє розширити діапазон технологічних рішень при підземній розробці вугільних родовищ, від впровадження яких у виробництво економічний ефект склав біля 1.5 млн. грн. на рік.

Директор Інституту фізики гірничих процесів НАН України (м. Дніпропетровськ),  
доктор технічних наук, професор,  
Заслужений шахтар України

Гріньов В.Г.

