

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ"**

Мокрієнко Володимир Миколайович



УДК622.28.055

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ОХОРОНИ ВИРОБОК
ЖОРСТКИМИ СПОРУДАМИ З КОМПЕНСАЦІЙНИМИ
ПОРОЖНИНАМИ**

Спеціальність 05.15.02 - "Підземна розробка родовищ корисних копалин"

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Донецьк – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в ДВНЗ "Донецький національний технічний університет" Міністерства освіти і науки України (м. Донецьк).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Касьян Микола Миколайович, завідувач кафедри "Розробка родовищ корисних копалин" Державного вищого навчального закладу "Донецький національний технічний університет" Міністерства освіти і науки України (м. Донецьк).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с.н.с.,
Канін Володимир Олексійович, завідуючий відділом захисних пластів і управління станом гірничого масиву Українського науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України;

доктор технічних наук, доц.,
Лобков Микола Іванович, завідувач відділом управління станом гірничого масиву Інституту фізики гірничих процесів НАН України.

Захист відбудеться «04» липня 2013 р. о 12⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.052.05 ДВНЗ "Донецький національний технічний університет" Міністерства освіти і науки України (м. Донецьк) за адресою: 83000, м. Донецьк, вул. Артема 58, I навч. корпус, 1.203, (МАЗ).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДВНЗ "Донецький національний технічний університет" Міністерства освіти і науки України за адресою: 83000, м. Донецьк, вул. Артема 58, II навч. корпус.

Автореферат розісланий «_ _» травня 2013р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, Д 11.052.05
д.т.н., проф.



В.П. Кондрахін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В умовах ринкової економіки конкурентна здатність вугілля в першу чергу визначається його собівартістю, в якій до 45% складають витрати на проведення і підтримку виробок. Досвід роботи шахт ім. А.Ф. Засядька, Червоноармійська-Західна № 1 та ін. показує, що значне зниження витрат на проведення підготовчих виробок може бути забезпечено за рахунок їх повторного використання. Підтримання виробок з боку виробленого простору здійснюється штучними жорсткими спорудами типу БЖБТ, лита смуга та ін. Охоронні споруди зводяться паралельно вісі виробок, шириною сумірною з потужністю пласта. При цьому в підтримуваних виробках спостерігається інтенсивне видавлювання порід з-під охоронних споруд.

Досвід США показує, що відмова від застосування жорстких охоронних споруд стрічкового типу (вугільні цілики) і перехід на багатоштрекову підготовку виїмкових полів дозволило забезпечити безремонтне підтримання виробок на протязі всього терміну служби.

Сенс новації полягає в тому, що при охороні виробок опорними вугільними стовпами, видавлювання порід підпошки провокується у виробку, що оконтурює стовп.

У розвиток цієї концепції в ДонНТУ запропонований спосіб охорони повторно використовуваних підготовчих виробок жорсткими штучними спорудами в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

У зв'язку з цим, встановлення механізму видавлювання порід підпошки виробок при охороні жорсткими спорудами в поєднанні з компенсаційними порожнинами і обґрунтування їх раціональних параметрів є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами планами темами. Дисертація є складовою частиною досліджень за держбюджетною науково-дослідною темою, яка виконана на кафедрі розробки родовищ корисних копалин, «Розробка та впровадження нетрадиційних ресурсозберігаючих технологій управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробки» (номер держреєстрації 011U001053). При виконанні цієї теми автор брав участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є геомеханічне обґрунтування параметрів способу охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

Вивчити особливості та закономірності геомеханічних процесів, що відбуваються під жорсткою охоронною спорудою в процесі її навантаження.

Вивчити механізм видавлювання порід з-під жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Обґрунтувати раціональні параметри способу охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Провести шахтні випробування способу охорони виробок жорсткими охоронними спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Об'єктом досліджень є напружено-деформований стан порід, що оточують охоронні споруди.

Предметом досліджень є параметри способу охорони підготовчих виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Методи досліджень: Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, який включає аналіз і узагальнення наукової літератури з проблеми збереження стійкості підготовчих виробок, лабораторне, аналітичне моделювання і промислове випробування способу охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Наукова новизна одержаних результатів:

Основні наукові положення, що виносяться на захист:

1. Відношення об'ємів видавленої породи підосви з-під жорсткої споруди, що стоїть окремо, в напрямках, перпендикулярних сторонам її основи, знаходиться в прямолінійній залежності від співвідношення розмірів основи.

2. При охороні виробок жорсткими спорудами розмірами $a \times b \times m$, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times m$, величина зміщень порід підосви виробок залежить прямо пропорційно, а порід покрівлі - обернено пропорційно від відстані між жорсткими спорудами (с). При цьому найменші зміщення підосви забезпечуються при співвідношенні розмірів (Пат. 94327 Україна) $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше встановлено, що застосування жорстких охоронних споруд розмірами $a \times b \times m$, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times m$ при співвідношенні розмірів $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$ дозволяє змінити напрям видавлювання порід підосви з-під жорстких охоронних споруд, що призводить до зниження зсувів підосви виробок, у порівнянні з охоронними спорудами стрічкового типу, в 1,3-2 рази і розширити сферу застосування жорстких охоронних споруд на слабкі підосви.

2. Вперше встановлено, що під жорсткою охоронною спорудою, в процесі її роботи, формується зона зруйнованої і ущільненої породи у вигляді піраміди, грані якої нахилені до основи охоронної споруди під кутом $\varphi + 45$, а видавлювання порід відбувається по її гранях.

3. Вперше встановлено, що з точки зору стійкості підосви найбільш оптимальною формою фігури, що лежить в підставі охоронної споруди, є прямокутник, орієнтований більшою стороною перпендикулярно вісі виробки.

4. Вперше встановлено, що при застосуванні жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами, в початковій стадії між опорами на глибину (0,7-1,0)с формується область підвищених напруг, що розтягують. Це призводить до руйнування порід підосви в компенсаційних порожнинах, а після їх заповнення на (0,4-0,7) м починається видавлювання порід підосви в порожнину виробок.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці нового способу охорони підготовчих виробок і методики розрахунку його параметрів.

Результати роботи впроваджені на шахті «Щегловська-Глибока», в умовах 5-го західного конвеєрного штреку пласта m_3 , що дозволило знизити обсяги ремонтних робіт по підриванню підосви на 31-38% при цьому, економічний ефект склав 200 грн. / п.м. виробки.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні мети та ідеї роботи, формулюванні завдань дослідження і наукових положень. Автор розробив новий спосіб контролю стану виробок, провів лабораторні, аналітичні і шахтні дослідження, щодо визначення параметрів способу охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами, брав безпосередню участь в організації та проведенні шахтних досліджень і експериментів.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи обговорювалися й одержали схвалення на науково-практичних конференціях: «Geotechnika-Geotechnics 2008» (Польща, Глівіце-Устронь 2008р), «Вдосконалення технології будівництва шахт і підземних споруд» (Україна, Донецьк 2009-2012р), «Проблеми гірничої технології» (Україна, Красноармійськ 2008-2010р), «Геотехнології XXI століття» (Україна, Донецьк 2010р), « Досвід минулого, погляд у майбутнє »(Росія, Тула 2011р), « Мlodych uchnyush »(Польща, Краків 2011р), « Проблеми надрокористування »(Росія, Санкт-Петербург 2011р), « Перспективи освоєння підземного простору »(Україна, Дніпропетровськ 2010-2011р). «Донбас 2020» (Україна, Донецьк 2012р).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 20 статей (4 з яких без співавторів), у тому числі 6 робіт у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України, 2 патенти на винахід України та 1 патент на корисну модель України.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з вступу, 4-х розділів і висновків, містить 149 сторінок машинописного тексту, 90 рисунків, 8 таблиць, список літератури з 183 найменувань 13 додатків.

Автор щиро вдячний кандидатам технічних наук Сахно І.Г. та Негрію С.Г. за цінні поради в процесі виконання дисертації, допомогу при проведенні досліджень і при обговоренні роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ роботи "Стан питання охорони підготовчих виробок. Цілі і задачі досліджень" присвячений аналізу застосовуваних систем розробки, а також способів охорони підготовчих виробок. Виконаний аналіз показав, що в 91% випадків виникає необхідність підтримання виробок слідом за проходом лави. Ефективна робота виїмкових дільниць багато в чому визначається станом підготовчих виробок, який залежить від способів їх охорони. Аналіз застосовуваних у Донецько-Макіївському регіоні способів охорони показав, що в 83% випадках виробки підтримуються слідом за проходом лави, на кордоні виробки і виробленого простору охоронними спорудами стрічкового типу. До них відносяться: бутова смуга - 47%, БЖБТ - 20%, напівблоки - 7%, вугільні цілики - 3%, газобетонні блоки - 3% і лита смуга - 3%. У 17% випадків охорона виробок проводиться дискретними опорами (бутокостри - 10%, костри - 7%). У 33% випадків застосовуються жорсткі охоронні споруди (БЖБТ, лита смуга, напівблоки, цілики), в 67% випадків застосовуються податливі охоронні споруди (бутова смуга, газобетонні блоки, костри, бутокостри). Застосування податливих охоронних споруд пов'язано з втратою перерізу виробки за рахунок зсувів покрівлі при її ущільненні. А застосування жорстких охоронних споруд пов'язано з втратою перерізу виробки за рахунок зсувів підосви, зумовлених видавлюванням порід з-під жорсткої охоронної споруди.

Питанням підтримки і охорони підготовчих виробок присвяченні роботи багатьох науково-дослідних і навчальних інститутів (ДонВУГІ, ДонНТУ, ІГТМ ім. М. С. Полякова, ІГС ім. О. О. Скочинського, УкрНДМІ, ВНДІМІ, СхідНДІ, Санкт-Петербурзький. Держ. гірн. ін-т ім. Г. В. Плеханова, Комунарськ. гірн.-металург. ін-т., НГУ, та ін) а також окремих вітчизняних та зарубіжних вчених (Назимко В.В., Канін В. А., Сургай Н. С., Бабіюк Г. В., Верзілов М. М., Горбаньов С. С., Аверін Г. А., Морозов І. Т., Бурма І. І., Хазіпов І. В., Касьян М.М., Кошелєв К. В., Борисов А. А., Якобі О.А., Максимов А. П., Фомін Є. В., Заславський Ю. З., Селезень А. Л., Городничев В. М., Алишев Н. А., Некрасовський Я. Е., Диманштейн, А. С., Долоткін Ю. Н., Генріх Ф., Рябцев О. В., Черняк І. Л., Литвинський Г. Г., Ільїн А. І., Іванов А. Г., Борзих А. Ф., Медяник В. Ю., Ланге Г., Зборщик М. П., Гапєєв С. М. та ін.) Ними розроблені та запропоновані різні способи охорони виробок.

Загальним недоліком більшості застосовуваних способів охорони є зведення охоронних споруд стрічковим типом, яке провокує видавлювання порід з-під жорсткої охоронної споруди в порожнину виробки.

На наш погляд, повторне використання виробок повинно здійснюватися на базі використання жорстких охоронних споруд, але при цьому, необхідна розробка нових концепцій і підходів щодо їх конструкцій і механізму роботи. Одним з варіантів усунення цього недоліку може бути залишення в смугі охоронної споруд компенсаційних порожнин, які крім функції перерозподілу напружень в підшві виробки під охоронною спорудою, забезпечать, в разі руйнування підшви, необхідний простір для видавлювання породи. При цьому залишається не вивченим питання механізму роботи жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Виходячи з вищезгаданого, були сформульовані мета і задачі досліджень.

У другому розділі «Дослідження особливостей геомеханічних процесів, що відбуваються під жорсткою охоронною спорудою» був проведений вибір і обґрунтування методів дослідження для встановлення та уточнення особливостей і закономірностей видавлювання порід, що підстилають жорстку охоронну споруду, яка стоїть окремо, при її навантаженні.

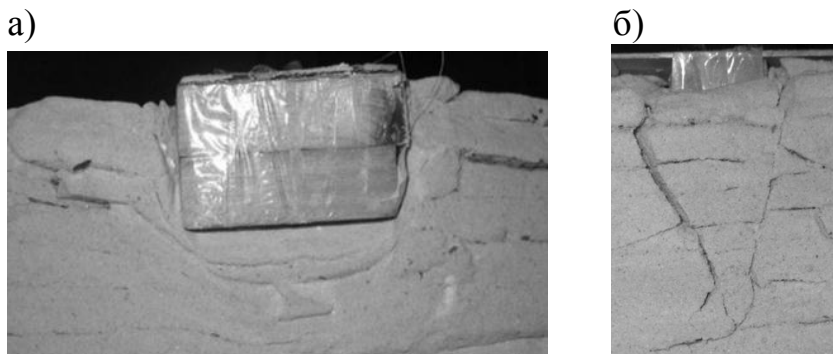


Рис. 1. Розріз моделі уздовж (а) і перпендикулярно (б) вісі охоронної споруди.

Була відпрацьована серія структурних моделей та моделей з еквівалентних матеріалів. Аналіз розрізів матеріалу моделі під охоронною спорудою по довгій (Рис. 1а) і короткій (Рис. 1б) сторонам дозволив встановити, що під охоронною спорудою формується піраміда з ущільненої породи.

З другої серії моделей, з такими ж параметрами моделювання, після навантаження були витягнуті ущільнені шари у формі піраміди, що утворилися під охоронною спорудою, для більш детального їх вивчення. Методом фото фіксації були встановлені значення кутів нахилу їх граней до основи охоронної споруди.

Ущільнені і незруйновані шари консолідовані у формі піраміди і є складовою частиною системи «охоронна споруда-масив». Видавлювання шарів еквівалентного матеріалу відбувалося уздовж цих граней піраміди, а величина зміщень була прямо пропорційна довжинам сторін основи охоронної споруди.

У процесі моделювання на структурних моделях було встановлено, що під охоронною спорудою формується область з ущільненої породи. Ця область обмежена певними кутами, вона переміщується разом з охоронною спорудою і є складовою частиною системи «охоронна споруда-масив, що вміщує». Як і в моделях з еквівалентних матеріалів, видавлювання породи відбувалося вздовж цієї області. Встановлено, що кут нахилу граней з ущільненої породи під охоронною спорудою, до її підстави, підпорядковується таким же залежностям як і в механіці ґрунтів, і обчислюється за виразом:

$$a = 45 + \varphi \quad (1)$$

де φ - кут внутрішнього тертя матеріалу.

Відношення об'єму видавленої породи підосви з-під жорсткої окремо стоячої охоронної споруди в напрямках, перпендикулярних сторонах її основи, знаходиться в прямолінійною залежності від співвідношення розмірів основи.

У третьому розділі «Обґрунтування параметрів способу охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами» наведено результати досліджень особливостей механізму видавлювання порід з-під жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами і обґрунтовані параметри способу охорони виробки з урахуванням цього механізму.

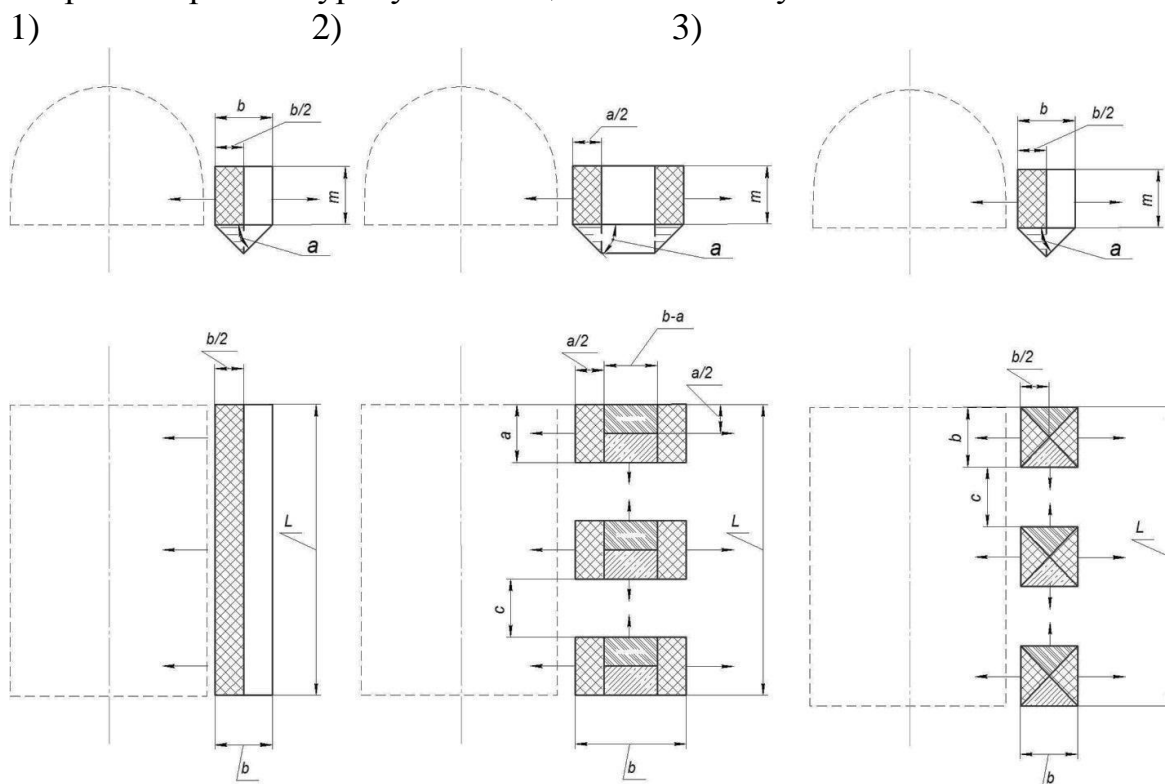


Рис. 2. Варіанти способів охорони виробок жорсткими спорудами, вид з боку (верхня частина рисунка) вид зверху (нижня частина рисунка), де 1,2,3 відповідно 1, 2 і 3 схеми розташування.

За технічними параметрами порівнювалися (схеми наведені на рис.2): стрічковий тип охоронних споруд (1-ша схема на рис.2), спосіб охорони виробок жорсткими спорудами, в основі яких лежить прямокутник, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами (2-га схема на рис.2), спосіб охорони виробок жорсткими спорудами, в основі яких лежить квадрат, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами (3-я схема на рис.2). На схемах: b - розмір охоронної споруди по перпендикуляру до вісі виробки, a - розмір охоронної споруди по вісі виробки, c - розмір компенсаційної порожнини по вісі виробки, L - довжина ділянки виробки, що охороняється, m - потужність паста, що виймається. При цьому враховувалася кількість витисненої в бік виробки породи, витрати матеріалу на зведення охоронних споруд при різних розмірах охоронних споруд. Друга схема показала найкращий результат.

На моделях в МСЕ і моделях з еквівалентних матеріалів було встановлено, що при застосуванні жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами, на початковій стадії навантаження охоронних споруд створюються умови для провокації зсувів порід в компенсаційні порожнини тим, що між опорами в підшві формується область напруг, що розтягують, на глибину $(0,7-1,0)c$, (рис.3-4) при

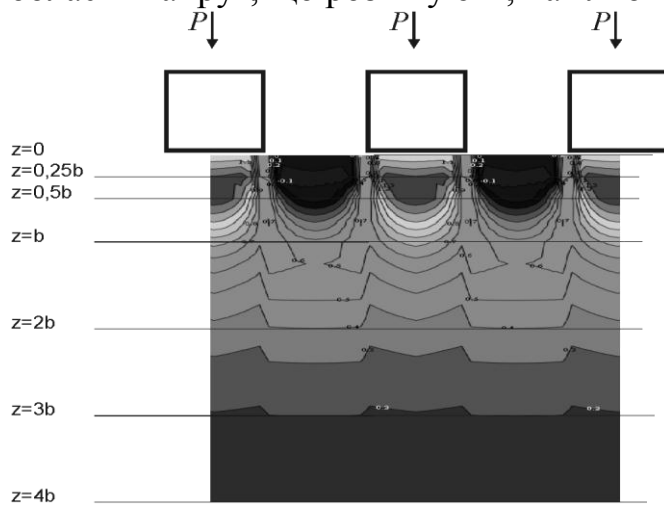


Рис. 3. Лінії рівних напружень під охоронними спорудами з компенсаційними порожнинами (розріз уздовж осі виробки по центру охоронних споруд)

цьому, у виробці вона практично відсутня. При подальшому збільшенні навантаження руйнування підшви відбувається спочатку в компенсаційних порожнинах, після чого спостерігається їх заповнення на величину $(0,4-0,7)m$. І тільки після цього відбувається руйнування і зміщення порід підшви виробки (графік зсувів по одній з моделей наведено на рис.5), при цьому найбільш інтенсивні зміщення порід підшви в компенсаційних порожнинах провокуються при співвідношенні $c/a = 1$

(див. рис. 6) Проведені дослідження дозволили зробити наступний висновок: при охороні виробок жорсткими спорудами розмірами $a \times b \times m$, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times m$, величина зміщень порід підшви виробок залежить прямо пропорційно, а порід покрівлі

виробок - обернено пропорційно від відстані між жорсткими спорудами (с). При цьому найменші зміщення підшови забезпечуються при співвідношенні розмірів $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$.

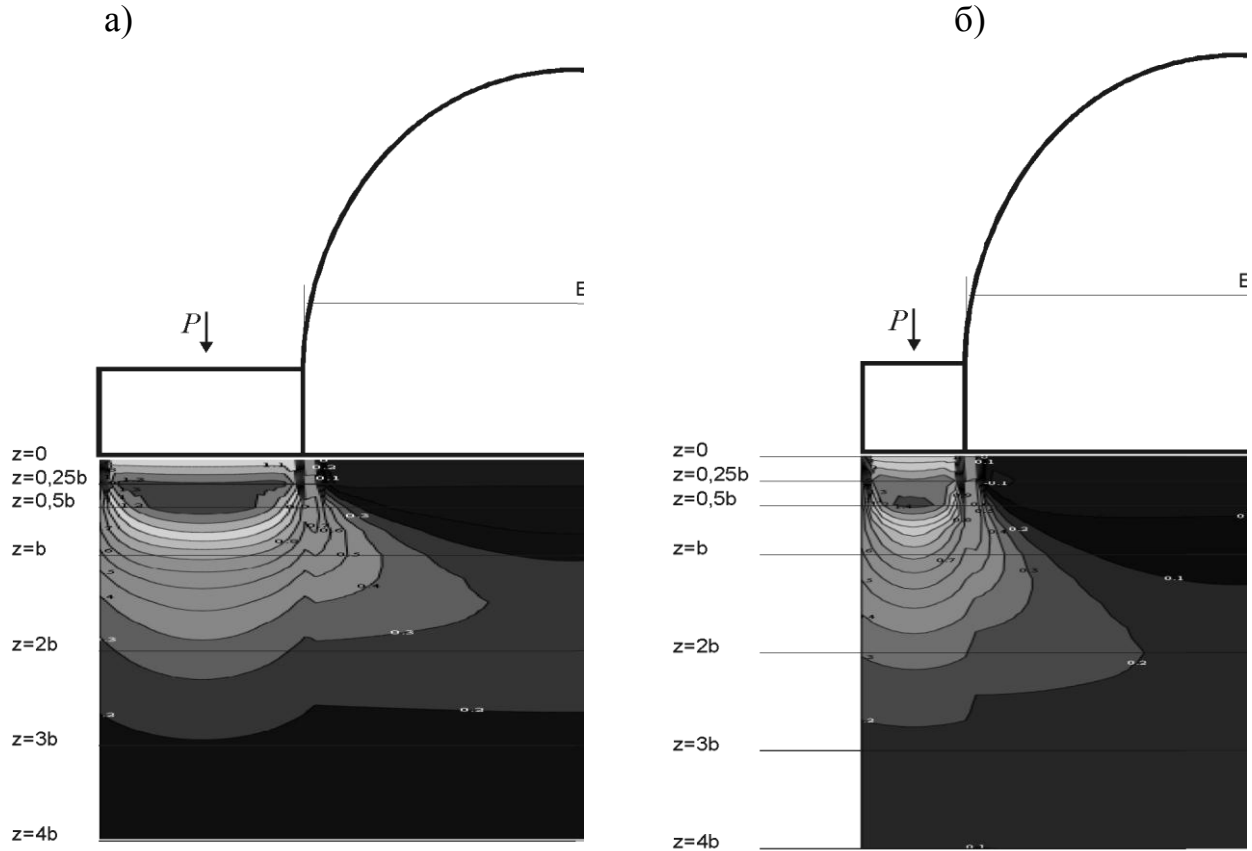


Рис. 4. Лінії рівних напружень при способі охорони жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами (а) і при стрічковому типі охоронних споруд (б).

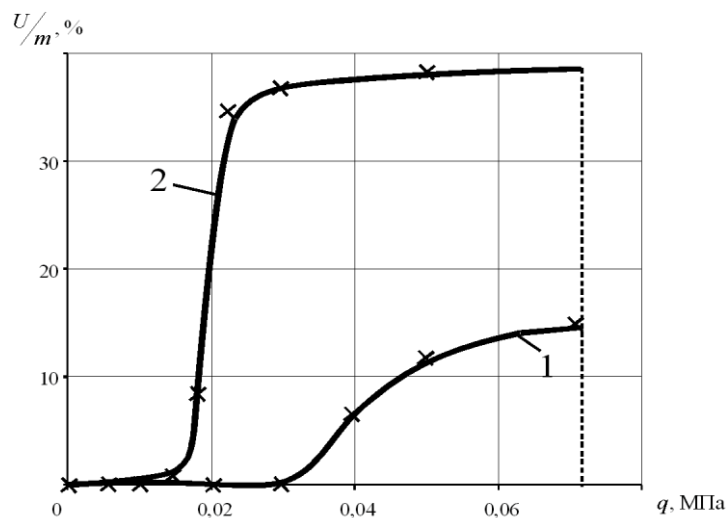


Рис. 5. Графіки залежності зміщень підшови пласта у виробці (1) і в компенсаційній порожнині (2) в залежності від діючого навантаження.

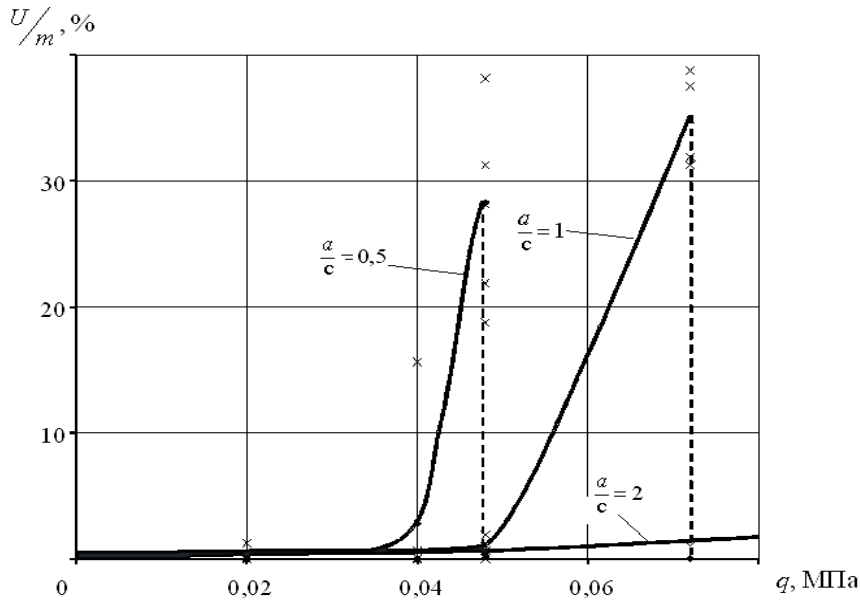


Рис. 6. Графіки залежності зміщень порід підосви в компенсаційних порожнинах U / m від величини навантаження на опори q при різному співвідношенні a і c .

У четвертому розділі «Випробування способу охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами в лабораторних і шахтних умовах» була проведена перевірка способу охорони в лабораторних умовах (див. рис.7-9) на моделях з еквівалентних матеріалів і шахтних умовах (див. рис.10-12).

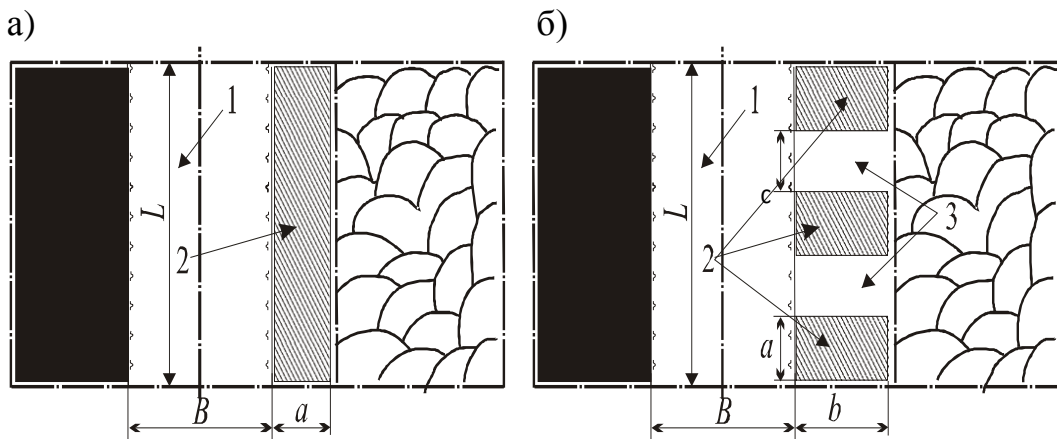
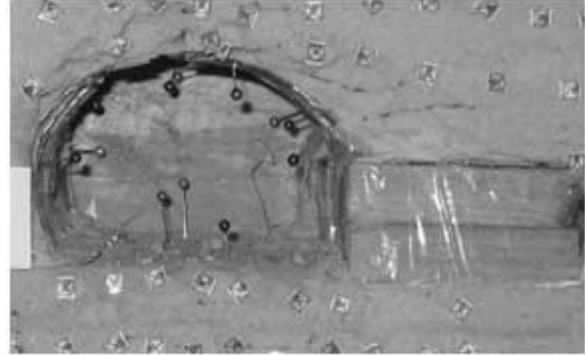
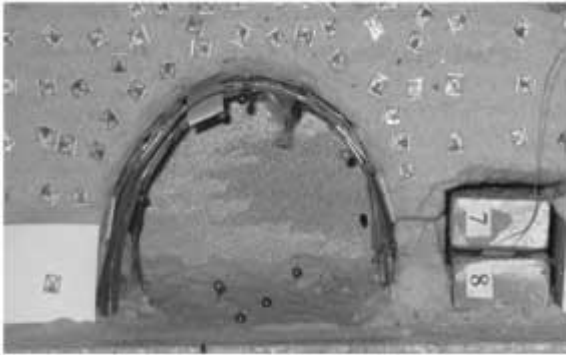


Рис. 7. Схема ділянок виробок, що охороняються спорудами стрічкового типу (а) і охоронними спорудами з компенсаційними порожнинами (б).

У результаті лабораторних випробувань способу охорони виробок жорсткими спорудами розмірами $a \times b \times m$, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times m$, при співвідношенні

розмірів $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$ було встановлено, що і в системі жорстких споруд, під кожною з них, формуються зони зруйнованої і ущільненої породи у вигляді піраміди, грані яких нахилені до основи охоронної споруди під кутом $\varphi + 45$, а видавлювання порід, що їх підстиляють, відбувається по цим граням, це сходиться з результатами, отриманими в 2-3 розділах.

а)



б)

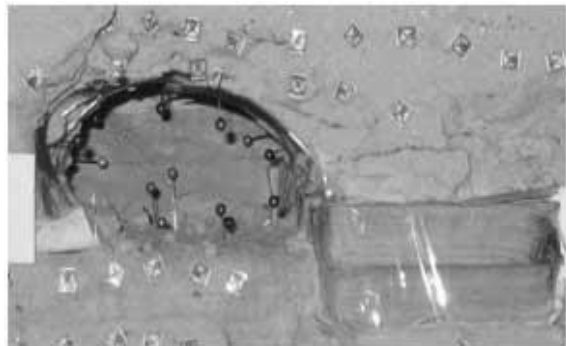


Рис.8. Загальний вигляд виробок в моделях до (а) і після відпрацювання (б) при стрічковому типі охоронних споруд (ліва частина малюнка) і способі охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами (права частина малюнка).

При цьому в умовах охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами зміщення покрівлі зменшилися в 1,2 рази, а величина здимання підосви - в 1,8 рази (рис.9).

Натурні випробування проводилися в умовах пласта m_3 шахти «Щегловська-Глибока». І ділилися на кілька етапів.

В результаті першого етапу було встановлено, що в умовах підготовчих виробок пласта m_3 шахти «Щегловська-Глибока» гостро стоїть проблема їх охорони, так як вже на відстані <50 від вікна лави через здимання підосви виникає необхідність проведення підривання підосви.

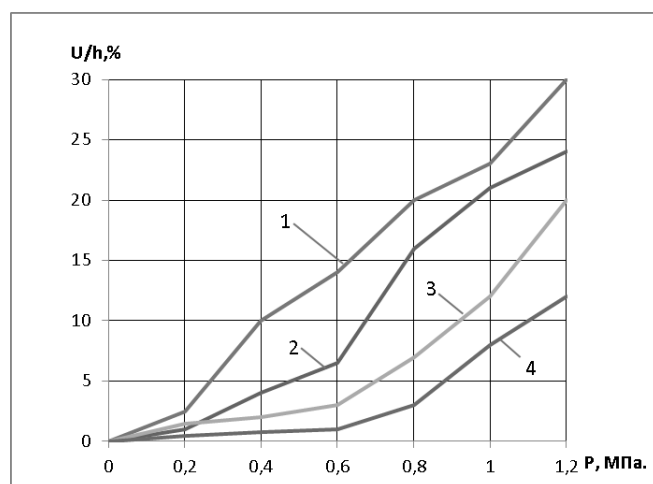


Рис. 9. Зміщення порід покрівлі (1,3) і підшви (2,4) при стрічковому типі охоронних споруд (графіки 1,2) і охороні виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами (графіки 3,4).

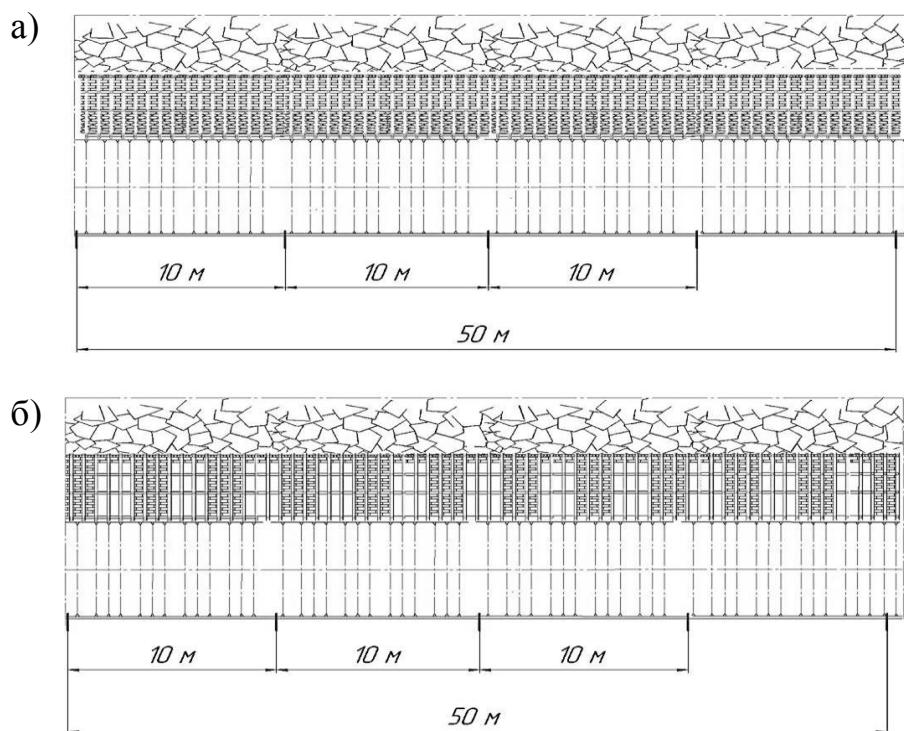


Рис. 10. Схема розташування замірних станцій на контрольній (а) і експериментальній (б) ділянках

При цьому здимання підшви являє собою процес видавлювання порід в порожнину виробок з-під охоронних споруд, які в даному випадку є «штампом», що відповідає механізму, прийнятому в 1-3 розділах.

На другому етапі був розроблений спосіб контролю стану гірничої виробки, який застосовний для умов загроможденності робочого простору виробок, і дозволяє економити час на вимірювання з одночасним підвищенням інформативності.

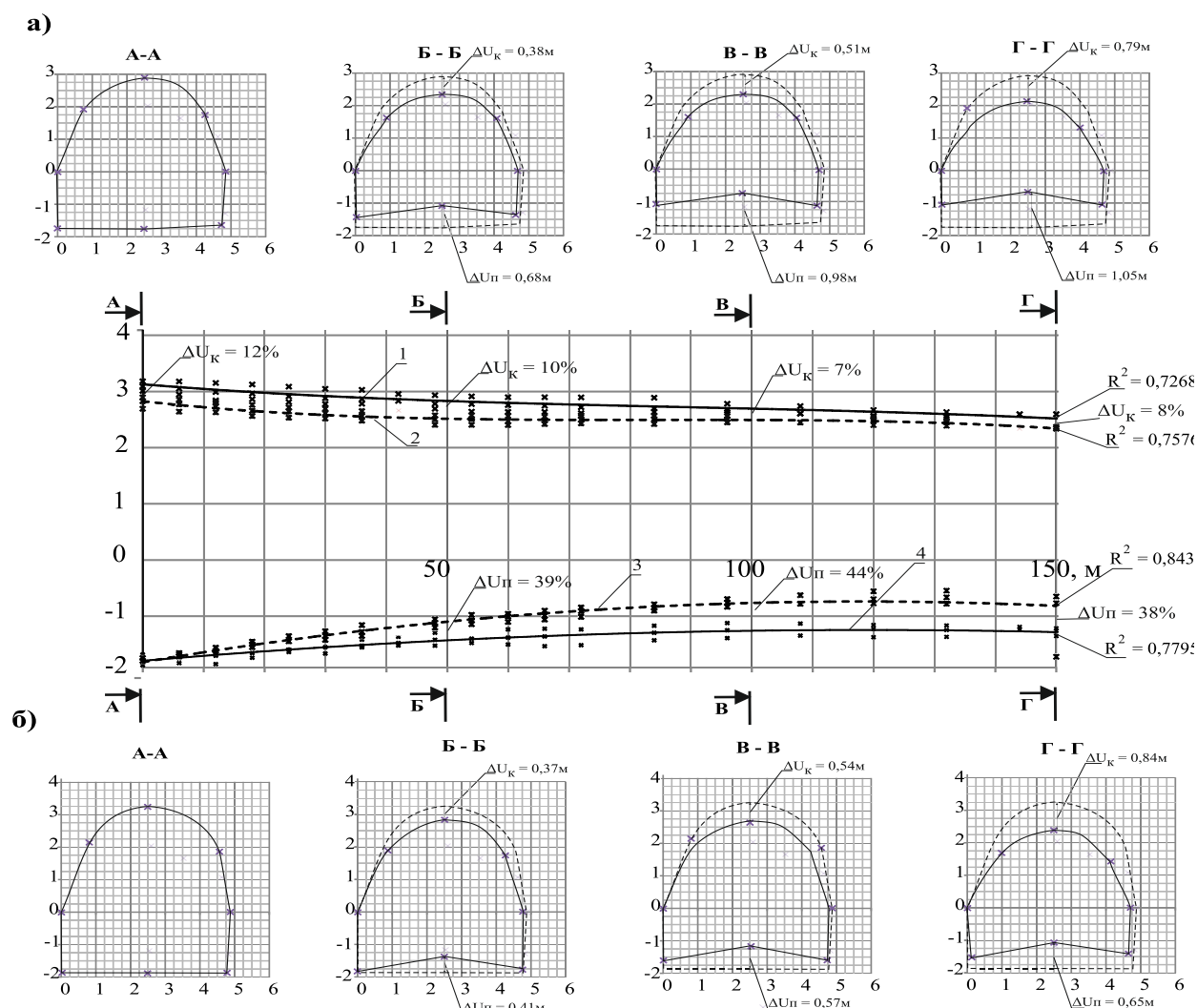


Рис. 11. Графіки зміщення порід покрівлі (1,2) і підшви (3,4) на контрольній (1,3) і експериментальній (2,4) ділянках, де $\Delta U_{\text{п}}$ - різниця зсувів на контрольній і експериментальній ділянках, %

На третьому етапі було обладнано 10 замірних станцій (рис.10). 5 з яких - на контрольній і 5 на експериментальній ділянках) в підготовчій виробці 5-ї західної лави. В результаті третього етапу натурних досліджень було встановлено (рис. 11), що застосування жорстких охоронних споруд розмірами $a \times b \times m$, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times m$ при співвідношенні розмірів $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$ дозволяє змінити напрям витискування підшви з-під

жорстких охоронних споруд, що призводить до зниження зсувів підосви виробок у порівнянні з охоронними спорудами стрічкового типу в 1,3-2 рази і дає можливість застосовувати жорсткі охоронні споруди на слабких підосвах.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій на підставі теоретичних і експериментальних досліджень дано рішення актуальної науково-практичної задачі, яка полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану порід, що підстилають жорсткі охоронні споруди, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами, що дозволило обґрунтувати параметри нового способу охорони підготовчих виробок.

Основні висновки, наукові і практичні результати полягають у наступному:

1. Способи охорони виробок, що використовуються повторно, повинні ґрунтуватись на застосуванні жорстких охоронних споруд. При цьому необхідно відмовитися від застосування споруд стрічкового типу при слабких породах підосви.

2. Під жорсткою охоронною спорудою, в процесі її роботи, формується зона зруйнованої і ущільненої породи у вигляді піраміди, грані якої нахилені до основи охоронної споруди під кутом $\varphi + 45$, видавлювання порід, що підстилають жорстку охоронну споруду, відбувається по гранях цієї зони.

3. Відношення об'ємів видавленої породи підосви з-під жорсткої споруди, що стоїть окремо, в напрямках, перпендикулярних сторонам її основи, знаходиться в прямолінійній залежності від співвідношення розмірів основи.

4. Найбільш раціональною формою основи жорсткої охоронної споруди, що зводиться у поєднанні з компенсаційними порожнинами є прямокутник, зорієнтований більшою стороною перпендикулярно вісі виробки. При цьому забезпечується найменший об'єм витисненої у виробку породи та мінімальні витрати матеріалу на зведення охоронних споруд.

5. При застосуванні жорстких охоронних споруд, що зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами, на початковій стадії навантаження охоронних споруд створюються умови для провокації зсувів порід в компенсаційні порожнини тим, що між опорами в підосві формується область напруг, що розтягують, на глибину $(0,7-1,0)с$, при цьому, у виробці вона практично відсутня. При подальшому збільшенні навантаження руйнування підосви відбувається спочатку в компенсаційних порожнинах, після чого спостерігається їх заповнення на величину $(0,4-0,7)т$. І тільки після цього відбувається руйнування і зсув підосви виробки.

6. При охороні виробок жорсткими спорудами розмірами $a \times b \times t$, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами розмірами $c \times b \times t$, величина зміщень порід підосви виробок залежить прямо пропорційно, а

порід покрівлі виробок - обернено пропорційно від відстані між жорсткими спорудами (с). При співвідношенні розмірів $\frac{m}{a} : \frac{b}{a} : \frac{c}{a} = 1 : 2 : 1$ провокується видавлювання підосви з-під жорстких охоронних споруд в компенсаційні порожнини, що призводить до зниження зсувів підосви виробок у порівнянні з охоронними спорудами стрічкового типу в 1,3-2 рази і дає можливість застосовувати жорсткі охоронні споруди на слабких підосвах.

7. Розроблено новий спосіб контролю стану виробки, інформативність і економічність якого підтверджена стендовими і шахтними випробуваннями у порівнянні з раніше відомими способами.

8. Позитивний результат приймальних випробувань способу охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами, проведених в умовах 5-го західного конвеєрного штреку пласта m_3 шахти «Щегловська-Глибока», який полягає в зниженні обсягів ремонтних робіт по підриванню порід підосви на 31-38%, у порівнянні з охоронними спорудами стрічкового типу, доводить ефективність способу охорони, відповідність висновків отриманих при аналітичних і лабораторних дослідженнях реальним процесам, дозволив одержати економічний ефект у розмірі 200 грн / п.м. виробки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Сахно, І. Г.** Дослідження механізму передачі навантаження на кріплення виробки від фронту руйнування порід. [Текст] / І. Г. Сахно, С. Г. Негрій, В. М. Мокрієнко // Вісті Донецького гірничого інституту / Донецьк – 2008. – №2. – С.13–18.
2. **Александров, С. Н.** Обоснование возможности применения метода конечных элементов при расчете напряженно–деформированного состояния дискретизированных пород [Текст] / С. Н. Александров, Н. Н. Касьян, С. Г. Негрей, В. Н. Мокриенко, Д. Н. Курдюмов // Вісті Донецького гірничого інституту / Донецьк – 2010. – №2. – С. 138–143
3. **Мокриенко, В. Н.** Параметрирование нового способа охраны выемочной выработки с использованием метода эквивалентных материалов [Текст] / В. Н. Мокриенко // Сборник научных работ/ НГУ – 2010– №34 Т. 1. – С. 166–173.
4. **Касьян, Н. Н.** Обоснование параметров способа контроля состояния горной выработки и методика его реализации [Текст] / Н. Н. Касьян, И. Г. Сахно, В. Н. Мокриенко // Научные труды УкрНИМИ НАН Украины / Донецьк – 2011. – Вып. 9 часть 1 – С. 57 –79.
5. **Мокриенко, В. Н.** Новый подход к методике выбора способов охраны выработок глубоких шахт [Текст] / В. Н. Мокриенко, А. Л. Касьяненко // Научные труды УкрНИМИ НАН Украины / Донецьк – 2012. – Вып. 10. – С. 362 –387.
6. **Касьян, Н. Н.** Опытно-промышленная проверка способа охраны выработки жесткими сооружениями с компенсационными полостями в

условиях шахты «Щегловская-Глубокая» [Текст] / Н.Н.Касьян, В.Н. Мокриенко, И.Г. Сахно // Науковий вісник НГУ / Днепропетровськ –2012. – С.56–62.

7. **Пат. 54012 Украина, МПК9 Е 21 D 15/00**, Способ охраны подготовительных выработок [Текст] / Касьян Н. Н., Хазипов И. В., Негрей С. Г., Фельдман Е. П., Мокриенко В. Н. ; заявитель и патентообладатель Донецкий Национальный Технический Университет. – № u201004634; заявл. 19.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20, 2010 – 3 с. : ил

8. **Пат. 94327 Украина, МПК9 Е 21 D 11/00, Е 21 С 41/18**. Способ охраны горных выработок [Текст] / Касьян Н. Н., Хазипов И. В., Негрей С. Г., Мокриенко В. М. ; заявитель и патентообладатель Донецкий Национальный Технический Университет. – № а200911242; заявл. 05.11.2009; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8, 2011 – 3 с. : ил..

9. **Пат. 100069 Украина, МПК9 Е 21 С 39/00**. Способ контроля состояния горной выработки [Текст] / Касьян Н. Н., Сахно И. Г, Мокриенко В. М.; заявитель и патентообладатель Донецкий Национальный Технический Университет. – № u 20101591; заявл. 11.02.2011; опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21, 2012г.

10. **Негрей, С. Г** Алгоритм расчета параметров способа предотвращения выдавливания пород почвы [Текст] / С. Г. Негрей, Г. И. Соловьев, А. Ф. Толкачев, И. Г. Сахно, В. М. Куцерубов, В. Н. Мокриенко // Материалы XIII–й Международной конференции «Geotechnika–Geotechnics 2008» / Гливице–Устронь – 2008. – С. 227–243.

11. **Негрей, С. Г.** Об особенностях пучения пород почвы выемочных выработок в условиях пласта m_3 шахты им. В. М.Бажанова [Текст] / С. Г. Негрей, В. Н. Мокриенко // Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної науково–практичної конференції КП ДонНТУ / Донецьк: Цифрова типографія –2008. – С.97–102.

12. **Соловьев, Г. И.** О способах предотвращения выдавливания пород почвы выемочных выработок глубоких шахт [Текст] / Г. И Соловьев, С. Г. Негрей, А. Л. Касьяненко, В. Н. Мокриенко, О.Ю. Белогуб // Збірник матеріалів регіональної науково–практичної конференції «Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості». КІ І ДонНТУ / Красноармейск – 2009. – С.85–92

13. **Касьян, Н. Н.** Исследование проявлений горного давления в условиях выемочных выработок пласта m_3 шахты «Щегловская-Глубокая» [Текст] / С. Г. Негрей, В. Н. Мокриенко // Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної науково–практичної конференції КП ДонНТУ / Донецьк: Цифрова типографія – 2010. – С. 34–38.

14. **Негрей, С. Г.** С Выбор метода моделирования проявления горного давления в выработке, охраняемой жесткими опорами [Текст] / С. Г Негрей,. В. Н. Мокриенко, Д. Н. Курдюмов // Сб. научн. трудов. «Совершенствование

технологии строительства шахт и подземных сооружений» / Донецк: «Норд–Пресс» – 2010. – № 16. – С. 93–95.

15. **Курдюмов, Д. Н.** Использование визуализации траекторий смещений при изучении деформаций горных пород с применением методики PLAXIS / Д. Н. Курдюмов, С. Г. Негрей, В. Н. Мокриенко // *Materiali vi krakowskiej konferencij mlodych uchonych* / Krakow, – 2011. – С. 353–357.

16. **Мокриенко, В. Н.** Особенности смещений пород, подстилающих охранное сооружение, при охране выработки жесткими сооружения с компенсационными полостями [Текст] / В. Н. Мокриенко // Сб. научн. трудов. «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений» / Донецк: «Норд–Пресс» – 2011. – № 17. – С. 126–127

17. **Негрей С.Г.** К вопросу выбора метода исследования распределений напряжений вокруг подготовительной выработки [Текст] / С.Г Негрей, Д.Н. Курдюмов, Д.Н Климов, В.Н Мокриенко // *Перспективи освоєння підземного простору: Матеріальної міжнародної науково–практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, Дніпропетровськ: НГУ, 2011.– С. 17–20*

18. **Сахно, И. Г** О дифференциации вертикальной конвергенции в подготовительной выработке, проведенной вслед за лавой [Текст] / И. Г. Сахно, В. Н. Мокриенко, В. Е. Нефедов // *Материалы международного форума конкурса молодых ученых «Проблемы недропользования»* / Санкт–Петербург – 2011. – 20–22 апреля – Т. 1. – С. 154–156.

19. **Мокриенко, В. Н.** Изучение влияние схемы расположения охранных сооружений вдоль подготовительной выработки, на ее устойчивость [Текст] / В. Н. Мокриенко // *Сборник материалов международной научно–практической конференции «Опыт прошлого, взгляд в будущее»* / ТулГУ – 2011.– С. 113–117

20. **Мокриенко, В. Н.** Новый способ охраны подготовительной выработки, породы которой склонны к пучению [Текст] / В. Н. Мокриенко // *Донбас-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: Матеріали VI науково-практичної конференції, м. Донецьк, 24-26 квітня 2012 р. – Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, 2012. – с.113-117*

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві:

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні мети та ідеї роботи, формулюванні завдань дослідження і наукових положень. Автор розробив новий спосіб контролю стану виробок [4,9], провів лабораторні [1,3,14,16,19,20], аналітичні [2,10,15, 17] і шахтні дослідження [5,6,11,13,18,] по визначенню параметрів способу охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами [8], брав безпосередню участь в організації та проведенні шахтних досліджень і експериментів [6,11,13,18].

АНОТАЦІЯ

Мокрієнко В.М. Обґрунтування параметрів способу охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 - "Підземна розробка родовищ корисних копалин». - ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки України. - Донецьк, 2013.

Дисертація присвячена обґрунтуванню параметрів охорони виробок жорсткими спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами. В роботі дано рішення актуальної науково-технічної задачі, що полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану порід, що підстиляють жорсткі охоронні споруди, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами.

Експериментально встановлено, що під жорсткою охоронною спорудою, що стоїть окремо, в процесі її навантаження відбувається ущільнення і консолідація шарів порід у формі піраміди. Ця область порід переміщується разом з охоронною спорудою і є складовою частиною системи «охоронна споруда-масив, що вміщує». При цьому відношення об'ємів видавленої породи пропорційно відношенню розмірів основи охоронної споруди.

Встановлено, що на початковій стадії навантаження охоронних споруд створюються умови для провокації зсувів порід в компенсаційні порожнини тим, що між опорами в підшві формується область напруг, що розтягують, на глибину $(0,7-1,0)c$ де c -розмір компенсаційної порожнини по вісі виробки. При подальшому збільшенні навантаження руйнування і витискування порід відбувається спочатку в компенсаційних порожнинах і тільки після їх заповнення на величину $(0,4-0,7) m$ відбувається руйнування і зсув підшви виробки. При цьому характер зміщення порід під жорсткими охоронними спорудами, які зводяться в поєднанні з компенсаційними порожнинами ідентичний механізму видавлювання з-під жорсткої споруди, що стоїть окремо.

Встановлено, що найменші зміщення порід підшви виробки спостерігаються при максимальних зсувах порід підшви пласта в компенсаційних порожнинах, які провокуються при співвідношенні $c/a = 1$ де a - розмір охоронного споруди уздовж осі виробки. При цьому розмір охоронного споруди в перпендикулярному напрямку має бути не менше чим $2a$.

Впровадження результатів досліджень способу охорони виробок жорсткими спорудами з компенсаційними порожнинами, проведених в

умовах виробок пласта m_3 шахти «Щегловська-Глибока», дозволило знизити обсяги ремонтних робіт по підриванням порід підосви на 31-38%, в порівнянні з охоронними спорудами стрічкового типу, і отримати економічний ефект у розмірі 200 грн / п.м. виробки.

Ключові слова: спосіб охорони, компенсаційні порожнини, жорсткі охоронні споруди, зміщення підосви.

АННОТАЦІЯ

Мокриенко В.Н. Обоснование параметров способа охраны выработок жесткими сооружениями с компенсационными полостями. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». – ГУВЗ «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины. – Донецк, 2013.

Диссертация посвящена обоснованию параметров охраны выработок жесткими сооружениями, возводимыми в сочетании с компенсационными полостями. В работе дано решение актуальной научно-технической задачи, заключающейся в установлении закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния пород, подстилающих жесткие охранные сооружения, которые возводятся в сочетании с компенсационными полостями.

Экспериментально установлено, что под жестким отдельно стоящим охранным сооружением в процессе его нагружения происходит уплотнение и консолидация слоев пород в форме пирамиды. Эта область пород перемещается вместе с охранным сооружением и является составной частью системы «охранное сооружение-вмещающий массив». При этом отношение объемов выдавленной породы пропорционально отношению размеров основания охрannого сооружения.

Исследования на моделях из эквивалентных материалов и методом конечных элементов позволили установить особенности и закономерности деформирования пород под жесткими охранными сооружениями, возводимыми в сочетании с компенсационными полостями, которые заключаются в следующем. На начальной стадии нагружения охранных сооружений создаются условия для провокации смещений пород в компенсационные полости тем, что между опорами в почве формируется область растягивающих напряжений на глубину $(0,7-1,0)c$ где c - размер компенсационной полости по оси выработки. При дальнейшем увеличении нагрузки разрушение и выдавливание пород происходит вначале в компенсационных полостях и только после их заполнения на величину $(0,4-0,7)m$ происходит разрушение и смещение почвы выработки. При этом характер смещения пород под жесткими охранными

сооружениями, возводимыми в сочетании с компенсационными полостями идентичен механизму выдавливания из-под жесткого отдельно стоящего сооружения.

Установлено, что наименьшие смещения пород почвы выработки наблюдаются при максимальных смещениях пород почвы пласта в компенсационных полостях, которые провоцируются при соотношении $\frac{c}{a} = 1$ где a - размер охранного сооружения вдоль оси выработки. При этом размер охранного сооружения в перпендикулярном направлении должен быть не менее $2a$.

Внедрение результатов исследований способа охраны выработок жесткими сооружениями с компенсационными полостями, проведенных в условиях выработок пласта m_3 шахты «Щегловская-Глубокая», позволило снизить объемы ремонтных работ по подрывке пород почвы на 31-38%, по сравнению с охранными сооружениями ленточного типа, и получить экономический эффект в размере 200 грн/п.м. выработки.

Ключевые слова: способ охраны, компенсационные полости, жесткие охранные сооружения, смещения почвы.

SUMMARY

Mokrienko V. N. Justification of protection method parameters of mine roadways by using rigid constructions with compensating cavities. – Manuscript.

Dissertation for academic degree Candidate of Technical Science, specialty 05.15.02 – “Engineering of Underground Deposits Mining”. – State higher education institution “Donetsk National Technical University” of the Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine. – Donetsk, 2013.

The dissertation is dedicated to the justification of protection parameters for mine roadways by using rigid constructions, which are created in combination with compensating cavities. This work presents a solution of an important scientific and technical problem, which is to establish the dependences of deformation mode of the rocks change. The considered rocks are underlying the rigid protective constructions, which are created in combination with compensating cavities. It was experimentally proven, that under a separately standing rigid protective construction during its loading, the compaction and consolidation of the layer rocks occurs in the shape of a pyramid. This area of rocks is moving together with a protective construction, and is a part of the “protective construction – surrounding rock mass” system. Moreover, the volume ratio of the extruded rocks is proportional to the sizes of the protective construction base. On the initial stage of loading of the protective construction the conditions are being created, which cause rock displacements to the compensation cavities. The reason is that the area of tensile stresses between the supports is forming at depth $(0.7-1.0)c$ (where c is the size of the compensation cavity on-axis of the mine). If the load increase continues, the destruction and

extruding of rocks first starts in the compensating cavities. After the cavities are filled by the magnitude $(0.4-0.7)m$ (where m is the thickness of coalbed), the destruction and displacement occurs in the mine roadways' floor. The character of rock displacements under the rigid protective constructions, which are created in combination with compensating cavities, is identical to the mechanism of extruding from under a separate rigid protective construction. It was proven that the smallest displacement of mine roadways' floor rocks occurs at the maximum movements of the coalbed floor rocks in the compensating cavities, which are caused by the ratio $c/a = 1$ (where a is the size of protective construction along the axis of the mine roadway). Herewith, the size of the protective construction in the perpendicular direction should not be smaller than $2a$.

The applying of the proposed mine protection method by using rigid construction in combination with compensating cavities was approbated in conditions of m_3 coalbed "Shcheglovskaya-Glubokaya" mine. It has reduced the amount of repair work of the bottom ripping by 31-38% compared to the ribbon-type protective constructions. The resulting economic effect is 200 grn. per meter of mine.

Keywords: protection method, compensating cavities, rigid protective constructions, floor displacements