

**Міністерство освіти і науки України  
Національний гірничий університет**

**НАУМОВИЧ Олександр Володимирович**

**УДК 622.261.27**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
СТІЙКОСТІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ  
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

**Спеціальність 05.15.04 – “Шахтне та підземне будівництво”**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Дніпропетровськ-2010**

**Дисертацією є рукопис.**

Робота виконана на кафедрі будівництва і геомеханіки Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Роєнко Анатолій Миколайович,**  
професор кафедри будівництва і геомеханіки  
Національного гірничого університету  
Міністерства освіти і науки України  
(м. Дніпропетровськ)

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Борщевський Сергій Васильович,**  
професор кафедри будівництва шахт і підземних споруд  
Донецького національного технічного університету  
Міністерства освіти і науки України

кандидат технічних наук  
**Бабець Дмитро Володимирович,**  
доцент кафедри вищої математики Національного гірничого університету  
Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

Захист дисертації відбудеться “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2010 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України (49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розіслано “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2010 р.

Вчений секретар

О.В. Солодянкін

спеціалізованої вченої ради

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Ритмічність, ефективність і безпека роботи у вугільній шахті багато в чому визначається станом капітальних і підготовчих виробок.

Для шахт Донецького регіону з кожним роком набуває все більшу актуальність проблема забезпечення стійкості підготовчих виробок у зв'язку з швидким поглибленням гірничих робіт і погіршенням гірничо-геологічних умов. Середня в Донбасі трудомісткість підтримки виробок на 1000 т вугілля, що видобувається, сягає 72-75 чол.-зм., на більшості глибоких шахт доводиться щорічно ремонтувати до 30-40% загальної протяжності виробок. Значна частина цих робіт (90-95%) припадає на ремонт виробок в зоні впливу очисних робіт. Роботи з підтримки виробок виконуються вручну, їх дуже важко механізувати.

Стійкість підготовчих виробок залежить, головним чином, від способів їх проведення, охорони і розташування щодо меж очисних робіт, а також від типу, конструкції та працездатності встановленого в них кріплення. Тому питання вибору раціональних засобів і способів кріплення і підтримки підготовчих виробок у складних умовах експлуатації стають все більш актуальними, оскільки від їх правильного вирішення залежать і безпека робіт, і своєчасна підготовка очисного фронту, і техніко-економічні показники роботи шахт.

Характерною в цьому відношенні є шахта “Шахтарська-Глибока”, для якої у зв'язку зі збільшенням глибини розробки дуже важливою є проблема підтримки підготовчих виробок. Способи охорони, що існують на сьогоднішній день, малоефективні. Тому розробка нових способів охорони і підтримки виробок у гірничо-геологічних умовах, що змінюються, обґрунтування параметрів цих способів на основі вивчення закономірностей взаємодії системи “кріплення-охоронна конструкція-породний масив” є актуальною задачею, що має важливе наукове і практичне значення, вирішенню якої і присвячена дисертація.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження виконані відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України відповідно до пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки “Екологічно чиста енергетика і ресурсозберігаючі технології” по держбюджетній темі ГП-410 (№ держреєстрації 0108U000541) у Національному гірничому університеті.

**Метою** досліджень є розробка і обґрунтування параметрів способу охорони і підтримки підготовчих виробок у зоні впливу очисних робіт в умовах глибоких вугільних шахт ДП «Шахтарськантрацит».

**Основна ідея** роботи полягає у використанні закономірностей прояву гірського тиску в підготовчих виробках, які розташовані в зоні впливу очисних робіт на великих глибинах, для обґрунтування параметрів способу охорони і підтримки.

**Об'єктом** досліджень є стійкість підготовчих виробок глибоких вугільних шахт, які проведені в неоднорідному порідному масиві в зоні впливу очисних робіт.

**Предметом** досліджень є параметри способу охорони і підтримки підготовчих виробок на великих глибинах розробки.

**Основні задачі** досліджень включають:

- вибір об'єкта досліджень;
- візуальні спостереження і шахтні виміри проявів гірського тиску в підготовчих виробках шахти “Шахтарська-Глибока”;
- вивчення закономірностей деформування неоднорідного породного масиву навколо підготовчих виробок і в покрівлі лави;
- виявлення закономірностей зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву підготовчої виробки при використанні нового способу охорони і підтримки;
- визначення раціональних параметрів нового способу охорони і підтримки підготовчої виробки в конкретних гірничо-геологічних умовах.

**Методи досліджень.** Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, що включає аналіз і узагальнення літературних даних за темою дисертації, шахтні візуальні та інструментальні спостереження, фізичне моделювання на моделях з еквівалентних матеріалів, математичне моделювання з застосуванням методу скінченних елементів, проведення експериментальних випробувань у натурних умовах.

**Основні наукові положення,** що захищаються в дисертації:

- деформація виділеного перерізу підготовчої виробки в зоні впливу очисних робіт відбувається несиметрично, з перевагою вертикальних зміщень і перекосом кріплення у бік падіння пласта, в два етапи: з розташуванням лави на відстані від 300 м до 50 м і на відстані від 50 м до нуля; при цьому інтенсивність вертикальних зміщень на другому етапі в 5 разів вище, ніж на першому, що дозволяє проектувати параметри способу управління стійкістю штреку;
- кількість встановлених у виробці анкерів практично не впливає на розмір зони розпушування, але при довжині анкерів 3 м і установці їх в кількості 3 в сукупності з елементом жорсткості довжиною 2,5 м в боці виробки зі сторони підняття зменшується величина вертикальних зміщень на 50%, що дозволяє забезпечити стійкість підготовчої виробки та повторно її використовувати протягом часу відпрацювання лав, що примикають.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану неоднорідного породного масиву навколо підготовчої виробки, що знаходиться в зоні впливу очисних робіт, в умовах великих глибин розробки на основі розроблених нових розрахункових схем і алгоритму чисельного моделювання системи “кріплення-охоронна конструкція-породний масив”;
- вперше встановлена залежність зміни вертикальної і горизонтальної конвергенції в підготовчих виробках, що знаходяться в зоні впливу очисних робіт в умовах великих глибин розробки, від зміцнення порід покрівлі за допомогою анкерного кріплення і зведення в розкідці охоронної конструкції із залізобетонних плит;
- вперше встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану породного масиву при здійсненні комплексу заходів щодо управління приконтурним масивом, який піддається впливу опорного тиску, що

дозволило для умов шахти «Шахтарська-Глибока» розробити новий спосіб охорони підготовчих виробок.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву при використанні нового комплексного способу охорони і підтримки підготовчих виробок в умовах відпрацювання положистих вугільних пластів на великих глибинах.

**Практичне значення роботи** полягає в обґрунтуванні параметрів ресурсозберігаючого способу охорони і підтримки підготовчих виробок і розробці рекомендацій з їх застосування на шахті «Шахтарська-Глибока» в зоні впливу очисних робіт.

**Обґрунтованість і вірогідність** наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням фундаментальних положень механіки суцільного середовища, апробованих методів математичного та фізичного моделювання породного середовища, задовільною збіжністю результатів аналітичних і натурних досліджень відносно зміщень контурів підготовчих виробок.

**Реалізація результатів роботи.** Результати досліджень використані на шахті «Шахтарська-Глибока» при підтримці 1-го західного конвеєрного штреку уклонного поля центрального блоку пласта  $h_8$  горизонту 1380 м.

**Особистий внесок** автора полягає у формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень, у розробці методики досліджень, в аналізі результатів лабораторних і теоретичних досліджень, розробці рекомендацій з вибору параметрів способу охорони і підтримки підготовчих виробок у зоні впливу лави і впровадження результатів досліджень на шахті «Шахтарська-Глибока».

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи повідомлені, обговорені і схвалені на засіданні науково-технічної ради шахти «Шахтарська-Глибока», на засіданнях кафедри будівництва і геомеханіки НГУ (2007-2010 рр.), а також на «Форумі гірників» (м. Дніпропетровськ, НГУ, 2008, 2009 р.), «Неделе горняка – 2008» (м. Москва, МГГУ, Росія), міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (м. Дніпропетровськ, 2009 р.), міжнародних науково-технічних конференціях «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений» (м. Донецьк, 2009, 2010 р.) і міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы горного дела и экологии горного производства» (м. Антрацит, 2009 р.).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 6 у спеціалізованих виданнях, 7 у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій.

**Структура й обсяг.** Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел з 86 найменувань і 3 додатків. Вона містить 116 сторінок машинописного тексту, 67 рисунків і 7 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 151 сторінку.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Ефективність роботи вугільних шахт залежить від багатьох факторів, з яких найбільш впливовим є стан основних розкриваючих і підготовчих гірничих виробок. Як транспортні магістралі вони забезпечують доступ до запасів вугілля, безперервність і надійність роботи підземного комплексу шахти.

Аналіз стану підготовчих виробок вугільних шахт України, а також витрат, пов'язаних з їх підтримкою і ремонтом, показує, що підтримка підготовчих виробок в експлуатаційному стані суттєво залежить від величини зміщення контуру, які зростають з поглибленням гірничих робіт.

Таким чином, проблема підтримки підготовчих виробок в стійкому стані під час всього періоду їх експлуатації не тільки залишається актуальною, але і набуває зростаючого характеру і вимагає створення, промислового освоєння і впровадження ефективних способів охорони і підтримки і розробки нових конструкцій кріплення підготовчих виробок. Особливої актуальності ці задачі набувають під час переходу видобутку корисних копалин на великі глибини.

Характерним прикладом видобутку вугілля на великих глибинах є шахта «Шахтарська-Глибока», яка в промисловому відношенні підпорядкована ДП «Шахтарськантрацит». Це одна з нових і перспективних шахт ДП, видобуток якої складає близько 60% від загальної здобичі ДП «Шахтарськантрацит», а проведення виробок – 55%.

Візуальне обстеження стану виробок й інструментальні вимірювання проводилися у 1-ому західному конвеєрному штреку та 1-ому східному конвеєрному штреку уклонного поля центрального блоку пласта  $h_8$  горизонту 1380 м шахти «Шахтарська-Глибока». В процесі визначалися найхарактерніші види руйнувань і деформацій елементів кріплення, зміщення контуру виробок, а також показник стійкості виробок, що дорівнює

$$\omega = \frac{L - L_p}{L} = \frac{N - N_p}{N}, \quad (1)$$

де  $L$  і  $L_p$  – відповідно довжина обстежуваної ділянки і довжина ділянки із зруйнованим кріпленням;  $N$  і  $N_p$  – відповідно загальна кількість арок кріплення на ділянці та кількість зруйнованих арок.

Встановлено, що охорона та підтримка виробок в зоні впливу очисних робіт типовим арочним кріпленням в умовах шахти «Шахтарська-Глибока» не забезпечує достатню їх стійкість. Показник стійкості для підготовчих виробок поза зоною впливу очисного вибою склав  $\omega = 0,57$ , в зоні впливу –  $\omega = 0,14$ .

Результати інструментальних спостережень за зміщенням контуру виробки наведені на рис. 1 і 2.

Аналіз результатів шахтних досліджень показує наступне:

- шахтні способи кріплення і охорони виробок неефективні;
- значна частина виробок знаходиться у незадовільному стані, найбільш характерними видами проявів гірського тиску в підготовчих виробках є деформації і пошкодження кріплення (81,8%) і незначне здимання порід підшоши (18,2%);

- у виробці поза зоною впливу лави можна виділити три зони поведінки навколишнього масиву: перша – обтискання виробки і незначні зміщення контуру

(до 75 діб), друга – інтенсивні зміщення контуру (75-120 діб), третя – згасання процесів зміщення контуру (після 120 діб) (рис. 1);

– величина відносних зміщень верхняків і стійок у замках піддатливості з боку підняття в 2 рази більше, ніж з боку падіння (рис. 1);

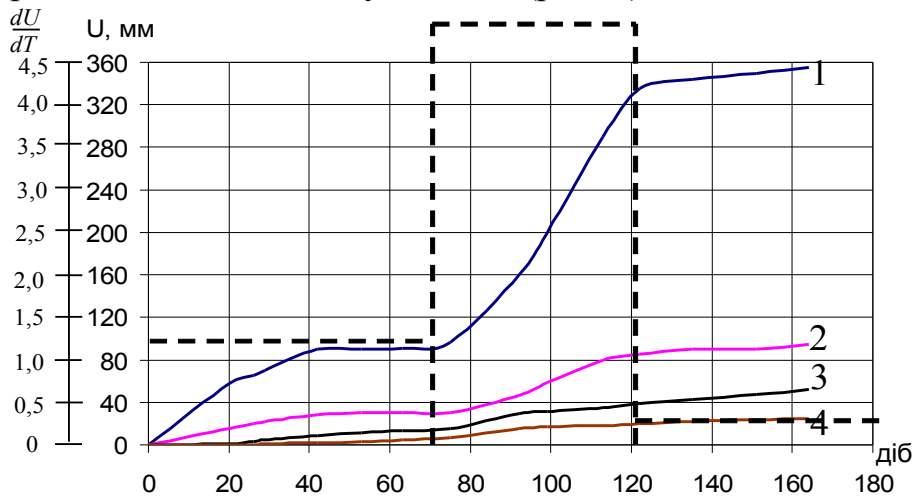


Рис. 1. Зміна величини і швидкості зміни вертикальної 1 і горизонтальної 2 конвергенції і замків піддатливості (підняття 3 і падіння 4) у виділеному перерізі залежно від часу (поза зоною впливу очисного вибою)

– здимання порід підшоши практично не спостерігається (зміщення підшоши складають до 15% від вертикальної конвергенції);

– у зоні впливу лави виділяються дві зони поведінки навколишнього масиву: перша – незначні зміщення контуру виробки (відстань до лави більше 50 м), друга – інтенсивні зміщення контуру виробки (відстань до лави менше 50 м) (рис. 2);

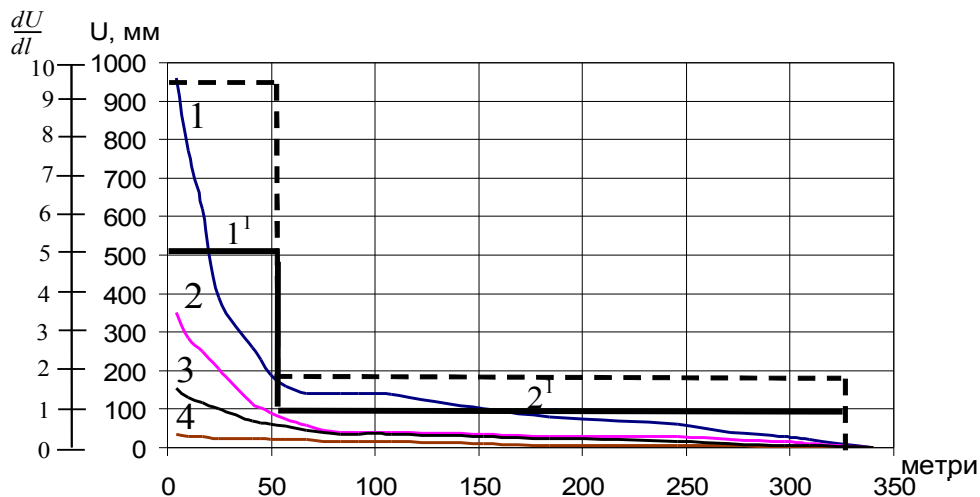


Рис. 2. Зміна величини і швидкості зміни вертикальної 1 і горизонтальної 2 конвергенції і замків піддатливості (підняття 3 і падіння 4) залежно від відстані до лави

– величина відносних зміщень верхняків і стійок у замках піддатливості з боку підняття в першій зоні в 2 рази більше, ніж з боку падіння, а в другій – в 3,5 рази (рис. 2);

– при наближенні лави на відстань до 30 м активізується процес здимання (підняття підшоши складо до 30% від вертикальної конвергенції);



– на момент введення підготовчої виробки в експлуатацію вертикальна конвергенція склала 51 см.

На основі аналізу літературних джерел і виробничого досвіду запропоновано новий спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок в умовах шахти “Шахтарська-Глибока”. Він полягає в тому, що виробку проводять широким вибоєм, з формуванням розкиски з боку підняття, в ній встановлюють охоронну конструкцію із залізобетонних плит, зводять аорчне кріплення з підсиленням анкерами. Новий спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок може використовуватися при положистому заляганні порід. Він дозволить забезпечити можливість підтримки необхідного перерізу виробки, як при відпрацюванні першої лави, так і при повторному використанні, призведе до зниження обсягів і вартості ремонтних робіт і поліпшить техніку безпеки ведення гірничих робіт.

Для обґрунтування ефективності та визначення параметрів цього способу, а також вивчення поведінки породного масиву навколо сполучення “лава-штрек” виконані дослідження на моделях з еквівалентних матеріалів. З урахуванням геометричних і фізичних критеріїв подібності підібраний еквівалентний матеріал на основі пісчано-парафіно-графітної суміші. Масштаб моделювання прийнятий таким, що дорівнює 1:50. Моделювалося шарувате середовище, яке відтворювало гірничо-геологічні умови пласта  $h_8$  шахти “Шахтарська-Глибока”.

Дослідження виконувались в два етапи. Метою першого етапу моделювання було визначення достатньої кількості анкерів, як елемент підсилення рамного кріплення, у підготовчій виробці поза зоною впливу лави для підтримки її в експлуатаційному стані.

Для дослідження визначено 6 основних ситуацій кріплення виробки: виробка без кріплення (вар. 1), виробка з аорчним кріпленням (вар. 2), виробка з аорчним кріпленням + один анкер (вар. 3), виробка з аорчним кріпленням + два анкери (вар. 4), виробка з аорчним кріпленням + три анкери (вар. 5) і виробка з аорчним кріпленням + чотири анкери (вар. 6). Довжина анкерів – 1,0...3,5 м. Результати досліджень наведені на рис. 3.

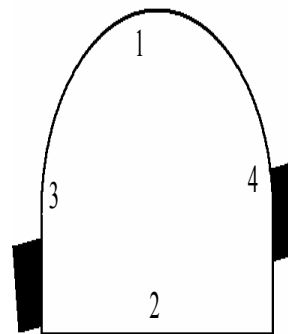
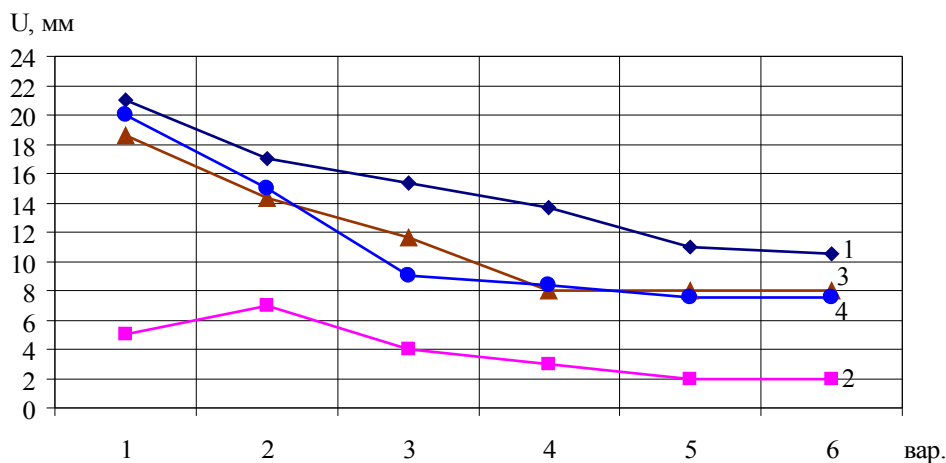


Рис. 3. Зміщення покрівлі (1), підшви (2) і боків виробки (3, 4) при навантаженні моделі  $\gamma H$

Параметри способу підтримки підготовчої виробки поза зоною впливу очисних робіт: аорчне кріплення; один анкер ( $l_a = 3$  м) у боці 3 (рис. 3) на висоті 2

м від подошви під кутом  $25...35^{\circ}$  до горизонталі; другий анкер у боці 4 на висоті 3 м від подошви під кутом  $130...140^{\circ}$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік падінні на 0,5 м під кутом  $70...80^{\circ}$ .

Метою другого етапу моделювання було визначити найбільш раціональні заходи для забезпечення стійкості підготовчих виробок при проході лави з метою повторного їх використання.

Для дослідження були визначені 2 основні ситуації (7 варіантів):

1. Підготовча виробка закріплена арочним піддатливим кріпленням + додатково встановлені: один анкер з боку масиву на висоті 2 м від подошви під кутом  $30^{\circ}$  до горизонталі; другий анкер з боку лави на висоті 3 м від подошви під кутом  $135^{\circ}$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік масиву на 0,5 м під кутом  $75^{\circ}$ , при проході лави. Довжина анкерів – 3 м (вар. 1).

2. Те ж саме, тільки з боку лави встановлена охоронна огорожа із залізобетонних плит (вар. 2-7) шириною – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 і 3 м відповідно. Результати досліджень наведені на рис. 4 і 5.

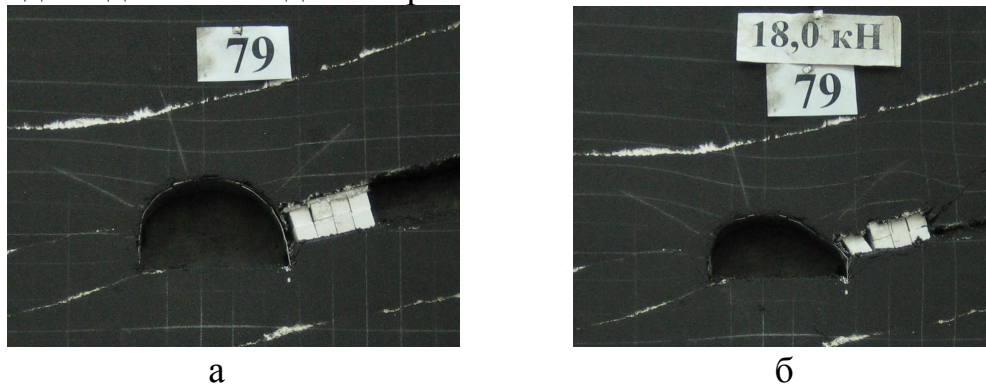


Рис. 4. Початок (а) і кінець (б) навантаження моделі (варіант б)

За результатами виконаних лабораторних досліджень встановлені параметри способу підтримки підготовчої виробки: арочним піддатливим кріпленням + додатково встановлені: один анкер ( $l_a = 3$  м) з боку масиву на висоті 2 м від подошви під кутом  $30^{\circ}$  до горизонталі; другий анкер з боку лави на висоті 3 м від подошви під кутом  $135^{\circ}$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік масиву на 0,5 м під кутом  $75^{\circ}$ , з боку лави в розкідці встановлена огорожа із залізобетонних плит шириною 2,5 м.

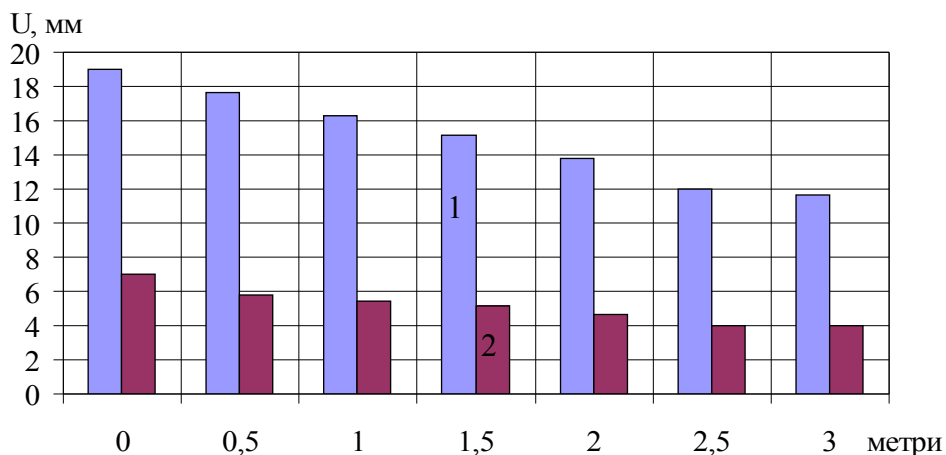


Рис. 5. Зміни величини горизонтальної 1 і вертикальної 2 конвергенції залежно від ширини охоронної огорожі

Таким чином, результати фізичного моделювання підтвердили ефективність запропонованих елементів охорони виробки.

Результати фізичного моделювання уточнювалися шляхом математичного моделювання процесів, що протікають навколо підготовчої виробки.

За методикою, що розроблена на кафедрі будівництва і геомеханіки НГУ, методом скінченних елементів визначалася зміна напружено-деформованого стану (НДС) масиву навколо очисної виробки в процесі посування очисного вибою. Розглядалася послідовність розрахункових схем, кожна з яких відповідає різним положенням очисного вибою.

Розрахункові схеми включають шари різної жорсткості, відповідно стратиграфічній колонці, зону обвалення порід й очисну виробку, розміри якої послідовно збільшувалися протягом 10 етапів розрахунку.

На кожному етапі НДС масиву оцінювався відповідно до феноменологічного критерію міцності:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 - R_c^2 \psi - (1 - \psi) R_c (\sigma_1 + \sigma_2) = 0, \quad (2)$$

де  $\sigma_1, \sigma_3$  – головні напруження,  $\psi = R_p / R_c$  ( $R_p, R_c$  – межа міцності порід на розтягування й стиск відповідно).

Умовою обвалення порід на  $i$ -му кроці є рівність:

$$R_p L_i = \gamma S_i. \quad (3)$$

За розрахунками, виконаними для гірничо-геологічних умов шахти «Шахтарська-Глибока», рівність (3) виконується при формуванні очисної порожнини розміром 24-28 м. Цей факт підтверджується даними натурних спостережень (22-27 м).

Таким чином, знаючи сталий крок обвалення порід покрівлі в лаві, можна цілеспрямовано регулювати відстань між пічами – кратне 25 м, зі зміщенням від місця концентрації гірського тиску.

Далі досліджувався напружено-деформований стан приконтурного масиву на сполученні “лава-штрек” і визначалися раціональні параметри нового комплексного способу охорони підготовчої виробки.

Дослідження процесу зміщення контуру підготовчої виробки виконувалося методом скінченних елементів з урахуванням пластичних деформацій і можливого розміцнення матеріалу.

Врахування позамежної частини діаграми деформування виконувалося за допомогою ітераційної процедури, відповідно до якої в ролі умовних пружних констант використовуються характеристики позамежної деформації реальних кривих “напруження-деформація”.

На основі вибраної деформаційної моделі середовища розроблені розрахункові схеми, в яких імітувалися різні ситуації, такі самі як і при моделюванні на еквівалентних матеріалах.

На першому етапі методом скінченних елементів моделювалась підготовча виробка поза зоною впливу очисних робіт, з лінійними розмірами: ширина – 5 м, висота – 3,5 м, потужність пласта – 1,5 м, розташована на глибині 1380 м, що відповідає гірському тиску 34,5 МПа. Були розглянуті 5 характерних ситуацій:

1. Підготовча виробка в масиві, закріплена арочним піддатливим кріпленням.
2. Підготовча виробка в масиві, закріплена арочним піддатливим кріпленням і один анкер в боці зі сторони підняття.
3. Підготовча виробка в масиві, закріплена арочним піддатливим кріпленням і два анкери: один в боці зі сторони підняття, другий в боці зі сторони падіння.
4. Підготовча виробка в масиві, закріплена арочним піддатливим кріпленням і три анкери: один в боці зі сторони підняття, другий в боці зі сторони падіння і один в покрівлі.
5. Підготовча виробка в масиві, закріплена арочним піддатливим кріпленням і чотири анкери: один в боці зі сторони підняття, другий в боці зі сторони падіння і два в покрівлі.

На рис. 6 наведені картини неоднорідності зон повних зміщень різного рівня навколо підготовчих виробок. Рівні зміщень (у метрах) наведені на шкалі справа.

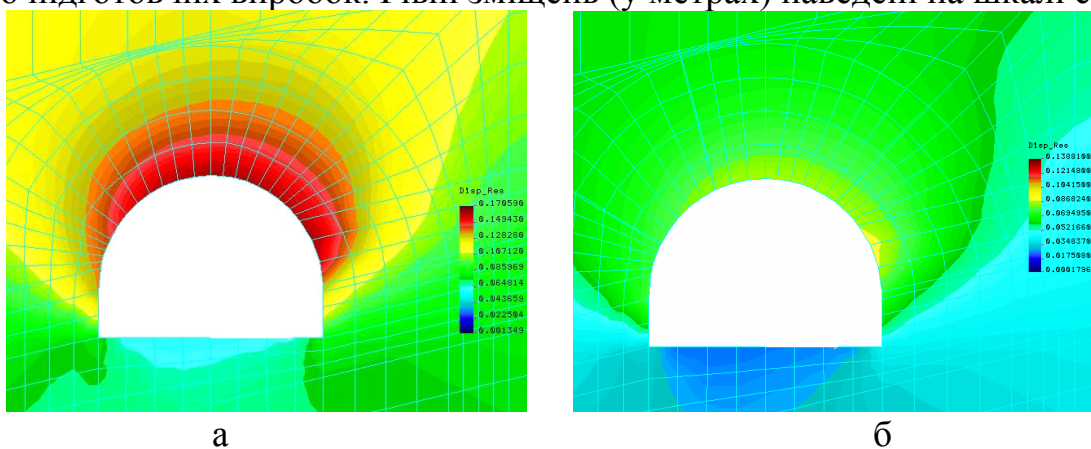


Рис. 6. Картина розподілу повних зміщень (а – сит. 1, б – сит. 4)

За результатами чисельних розрахунків отримані залежності зміни зміщень у підготовчій виробці залежно від даної ситуації (рис. 7).

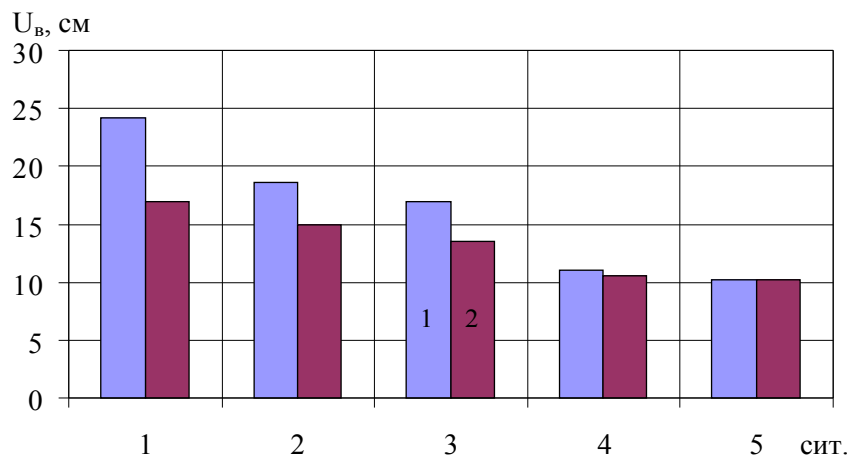


Рис. 7. Залежність зміни вертикальної (1) і горизонтальної (2) конвенгенції у підготовчій виробці залежно від ситуації при довжині анкера 3 м

Зміна НДС масиву залежно від змодельованої ситуації оцінювалася величиною так званих еквівалентних, тобто приведених до одновісьового стиснення, напружень  $\sigma_e$ , які визначаються шляхом розв'язання рівняння (1) щодо величини  $R_c$ .

З рис. 7 видно, що збільшення кількості анкерів більше 3 (ситуації 4 і 5) не призводить до значного поліпшення геомеханічної ситуації навколо підготовчої виробки, тому ситуація 4 прийнята як найбільш раціональний спосіб підтримки підготовчої виробки в умовах шахти “Шахтарська-Глибока”. Достатня довжина анкера склала 3 м, що досить добре співпадає з результатами лабораторного моделювання.

За результатами виконаних чисельних досліджень встановлені параметри способу підтримки підготовчої виробки поза зоною впливу лави в умовах шахти “Шахтарська-Глибока”: аорчне кріплення, один анкер (довжиною 3 м) в боці зі сторони падіння на висоті 2 м від підшви під кутом  $25...35^{\circ}$  до горизонталі, другий анкер в боці зі сторони підняття на висоті 3 м від підшви під кутом  $130...140^{\circ}$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік падіння на 0,5 м під кутом  $70...80^{\circ}$  (рис. 7).

На другому етапі методом скінченних елементів моделювалась підготовча виробка в зоні впливу очисних робіт, з тими ж лінійними розмірами, що і на першому етапі. Для дослідження були визначені 2 основних ситуації (7 варіантів):

1. Підготовча виробка, закріплена аорчним піддатливим кріпленням при проході лави (вар. 1).

2. Те ж саме, тільки з боку лави встановлена охоронна конструкція з залізобетонних плит (вар. 2-7) шириною – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 і 3 м відповідно.

Як видно з рис. 8, точка максимальних зміщень порід покрівлі підготовчої виробки зміщується від сполучення лави з виробкою до центру виробки і за наявності охоронного елемента величина її зменшується практично вдвічі.

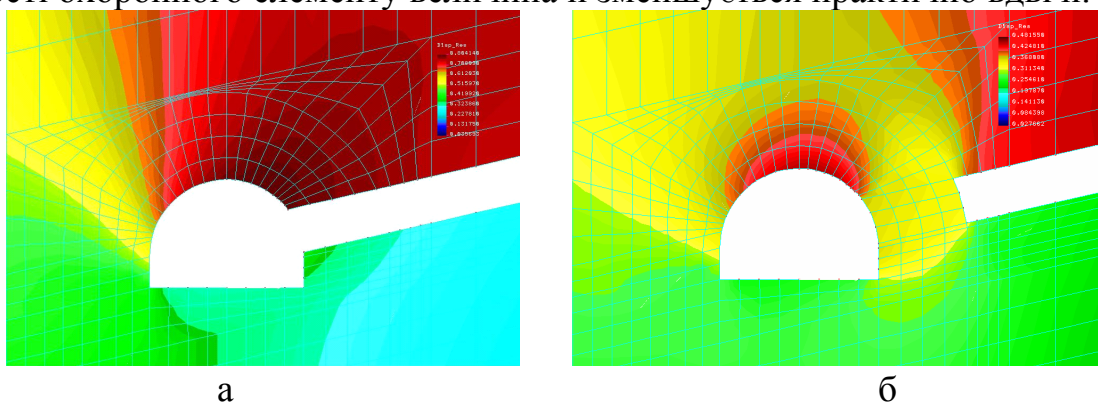


Рис. 8. Картина розподілу повних переміщень (а – вар. 1, б – вар. 6)

Аналіз рис. 8 і 9 показує, що при ширині охоронної конструкції понад 2,5 м зміни величин конвергенцій незначні, тому найбільш раціональним способом охорони і підтримки підготовчих виробок в зоні впливу лави для даних умов є варіант 6.

При виконанні всіх заходів щодо охорони і підтримки підготовчої виробки, запропонованих в даній роботі, поєднанню способів охорони виробки поза зоною (сит. 4) і в зоні впливу лави (вар. 6) (рис. 10), призведе до зменшення величин вертикальної (з 109 см до 55 см) і горизонтальної (з 38,5 см до 17,7 см) конвергенцій (рис. 11) і поліпшення геомеханічної ситуації навколо виробки і сполучення. При цьому зсуви покрівлі складуть 33,8 см, а підшви – 21,2 см, що

дає можливість говорити про безремонтну підтримку виробки і, надалі, її використання повторно.

Таким чином, параметри запропонованого способу підтримки підготовчої виробки: арочне піддатливе кріплення + додатково встановлені: один анкер ( $l_a = 3$  м) з боку падіння на висоті 2 м від підшови під кутом  $30^\circ$  до горизонталі; другий анкер з боку підняття на висоті 3 м від підшови під кутом  $135^\circ$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік падіння на 0,5 м під кутом  $75^\circ$ ; з боку майбутньої лави в розкідці встановлена огорожа шириною 2,5 м із залізобетонних плит.

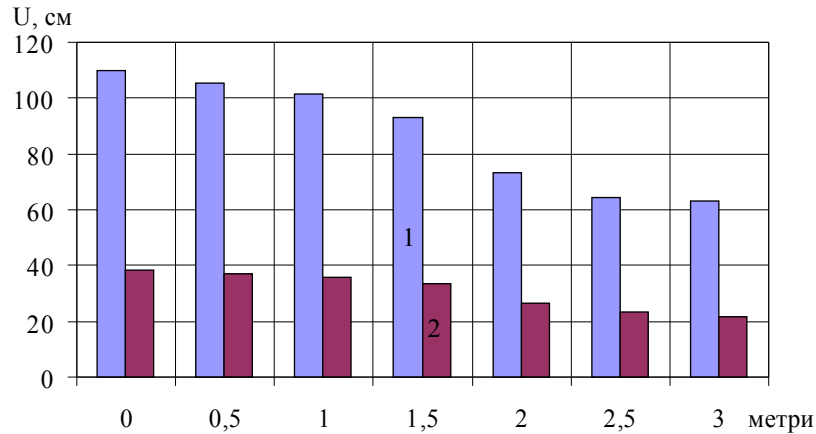


Рис. 9. Залежність зміни вертикальної (1) і горизонтальної конвергенції (2) в підготовчій виробці залежно від ширини охоронної конструкції

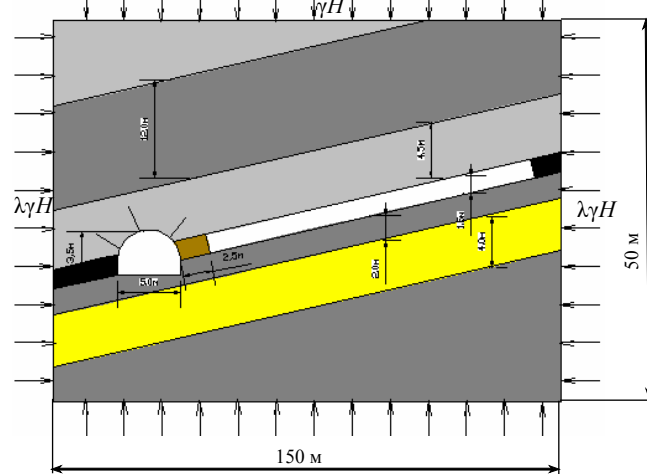


Рис. 10. Розрахункова схема до рішення задачі обґрунтування нового способу охорони і підтримки підготовчих виробок

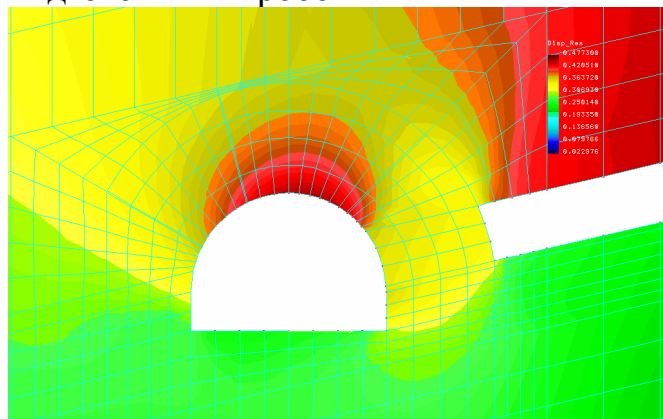




Рис. 11. Розподіли повних переміщень при новому способі

Для перевірки ефективності запропонованого способу охорони в шахтних умовах були вибрані експериментальна і контрольна ділянки (по 100 м кожна) в 1-ому західному конвеєрному штреку уклонного поля центрального блоку горизонту 1380 м, що проводився по пласту  $h_8$ .

Дані вимірювань показали, що тривалість періоду інтенсивних зміщень контуру підготовчої виробки для експериментальної ділянки складає 2...3 дні, а для контрольної – 3...4 дні. Швидкості зміщень контуру виробки в інтенсивному періоді складають: для експериментальної ділянки – 15 см/доб., а для контрольної – 26 см/доб. Таким чином, запропонований комплексний спосіб охорони підготовчої виробки зменшує швидкість зміщення в 1,5 рази.

При інструментальних маркшейдерських спостереженнях фіксувався час початку зсувів і величина зміщень елементів кріплення та контуру виробки залежно від місця знаходження очисної виробки рис. 12.

Результати, що отримані при натурних вимірюваннях, фізичному і математичному моделюванні не відрізняються більш ніж на 11,2% (рис. 13). Це підтверджує правильність вибору розрахункових моделей і загальної методики досліджень.

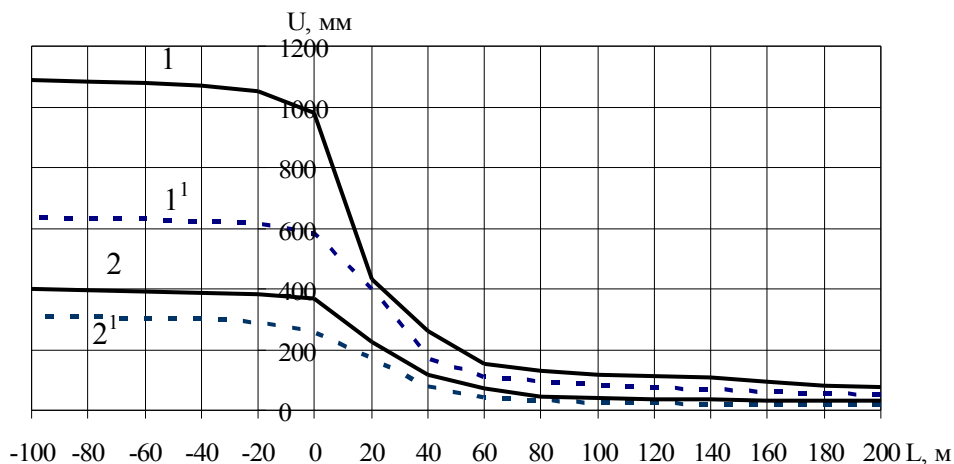


Рис. 12. Зміна величини вертикальної та горизонтальної конвергенції на експериментальній (1¹ і 2¹) та контрольній (1 і 2) ділянках залежно від місця знаходження лави

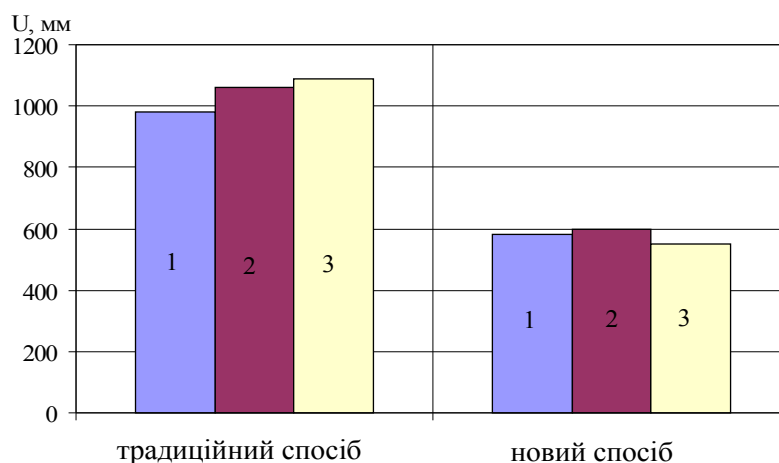


Рис. 13. Зміна величини вертикальної конвергенції в підготовчій виробці залежно від способу, що досліджується: 1 – результати шахтних спостережень; 2 – результати фізичного моделювання; 3 – результати математичного моделювання.

Очікуваний економічний ефект від реалізації запропонованого способу охорони та підтримки підготовчих виробок складе на шахті “Шахтарська-Глибока” 27,3 тис. грн на 1000 п.м.

На основі виконаних в роботі лабораторних, аналітичних і натурних досліджень розроблені та затверджені рекомендації з підвищення стійкості підготовчих виробок, що експлуатуються на глибоких горизонтах, у зоні впливу очисних робіт для шахти “Шахтарська-Глибока”.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій на основі вперше встановлених для гірничо-геологічних умов шахти “Шахтарська-Глибока” ДП “Шахтарськантрацит” закономірностей зміни напружено-деформованого стану породного масиву при здійсненні комплексу заходів, що спрямовані на зниження негативного впливу підвищеного гірського тиску, вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення стійкості підготовчих виробок у зоні впливу очисного простору, які розташовані на великих глибинах.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз виробничої діяльності шахт ДП “Шахтарськантрацит”, що дозволило визначити мету і сформулювати основні задачі досліджень, які полягають в обґрунтуванні можливості повторного використання підготовчих виробок. Аналіз діяльності шахти “Шахтарська-Глибока” показує, що причиною незадовільного стану підготовчих виробок є невідповідність заходів, які використовуються, щодо підтримки і охорони виробок, що виявляється у великих зміщеннях контуру, особливо покрівлі.

2. Встановлені основні закономірності розвитку деформації масиву навколо підготовчої виробки, який піддається впливу очисних робіт. Доведено, що деформація виділеного перерізу підготовчої виробки в зоні впливу очисних робіт відбувається несиметрично, з переважанням вертикальних зміщень і перекосом кріплення у бік падіння пласта, в два етапи: з розташуванням лави на відстані від 300 м до 50 м і на відстані від 50 м до нуля; при цьому інтенсивність вертикальних зміщень на другому етапі в 5 разів вище, ніж на першому.

3. У шахтних умовах встановлені основні закономірності деформації елементів кріплення і визначений показник стійкості виробок, який складає поза зоною впливу очисного вибою  $\omega = 0,57$ , в зоні впливу –  $\omega = 0,14$ .

4. Доведено на моделях з еквівалентних матеріалів, що здійснення повного комплексу запропонованих заходів зменшує зміщення контуру виробки і призводить до поліпшення геомеханічної ситуації навколо підготовчої виробки і сполучення її з лавою, що підтверджує ефективність запропонованого нового способу охорони виробки в умовах великих глибин розробки.



5. На основі математичного моделювання деформаційних процесів в масиві навколо сполучення лави і штреку встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану масиву залежно від характеристик елементів способу охорони підготовчої виробки, що дозволило для умов шахти “Шахтарська-Глибока” визначити раціональні параметри нового способу запобігання негативній дії гірського тиску в зоні впливу очисних робіт, а саме: арочне піддатливе кріплення + один анкер (довжиною 3 м) з боку падіння на висоті 2 м від підшви під кутом  $30^{\circ}$  до горизонталі, другий анкер з боку підняття на висоті 3 м від підшви під кутом  $135^{\circ}$  і третій в покрівлі зі зміщенням від осі виробки у бік падіння на 0,5 м під кутом  $75^{\circ}$ ; з боку майбутньої лави в розкідці встановлена огорожа шириною 2,5 м із залізобетонних плит. Визначений крок обвалення основної покрівлі в лаві, який складає 25 м.

6. На основі виконаних досліджень розроблені й затверджені рекомендації з підвищення стійкості підготовчих виробок, що експлуатуються на глибоких горизонтах вугільних шахт (для умов шахти «Шахтарська-Глибока»), які використані при підтримці 1-го західного конвеєрного штреку уклонного поля центрального блоку пласта  $h_8$  горизонту 1380 м.

7. Очікуваний економічний ефект від реалізації запропонованого способу охорони та підтримки підготовчих виробок на шахті складе 27,3 тис. грн на 1000 п.м.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Наумович А.В. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости подготовительных выработок в условиях шахты «Шахтерская-Глубокая» / А.В. Наумович // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Д., 2007. – Вып. 73. – С. 176-181.
2. Наумович А.В. Исследование закономерностей изменения смещений и деформаций пород по глубине зоны неупругих деформаций / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Наумович // Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2009. – Вип. 23. – С. 47-50.
3. Наумович А.В. Натурные исследования закономерностей проявлений горного давления в подготовительных выработках шахты «Шахтерская-Глубокая» / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук, С.Н. Гапеев // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 6. – С. 8-10.
4. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительных выработок глубоких горизонтов в зоне влияния лавы / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Д., 2009. – Вып. 82. – С. 18-23.
5. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительных выработок глубоких горизонтов вне зоны влияния очистных работ / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 11. – С. 3-5.

6. Наумович А.В. Обоснование параметров способа поддержания подготовительных выработок вне зоны влияния очистных работ / А.Н. Роечко, Р.Н. Терещук, А.В. Наумович // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2010. – № 3. – С. 6-8.
7. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительной выработки с рамно-анкерной крепью на моделях из эквивалентных материалов / А.В. Наумович // Форум гірників-2008: матеріали міжнар. конф., 13-15 жовт. 2008 р.: докл. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – С. 193-195.
8. Наумович А.В. Моделирование анкера, как упрочняющего структурного элемента породного массива / Р.Н. Терещук, А.В. Наумович // Горн. информ.-аналит. бюллетень междунар. науч.-техн. конф., 28 янв. - 1 фев. 2008 г.: докл. – М.: изд-во МГГУ, 2009. – №1. – С. 318-321.
9. Наумович А.В. Шахтные исследования закономерностей деформирования породного массива в окрестности подготовительной выработки / А.В. Наумович, Е.В. Андронович, Р.Н. Терещук // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: междунар. науч.-техн. конф., 22-24 апр. 2009 г.: тезисы докл. – Донецк: “Норд - Пресс”, 2009. – Вып. 15. – С. 80-82.
10. Наумович А.В. Шахтные исследования состояния подготовительных выработок глубоких горизонтов / А.В. Наумович // Проблемы горного дела и экологии горного производства: IV междунар. науч.-практ. конф., 14-15 мая 2009 г. (г. Антрацит): докл. – Донецк: Норд-Пресс, 2009. – С. 43-46.
11. Наумович А.В. Обоснование параметров конструкции рамно-анкерной крепи с использованием метода конечных элементов / Р.Н. Терещук, А.В. Наумович // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: 69 междунар. науч.-практ. конф., 21-22 мая 2009 г.: тезисы докл. – Д.: ДИИТ, 2009. – С. 205-206.
12. Наумович А.В. Способ охраны и поддержания подготовительных выработок глубоких горизонтов в зоне влияния лавы / А.В. Наумович // Форум гірників-2009: матеріали міжнар. конф., 30 вер. - 3 жовт. 2009 р.: докл. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – С. 177-180.
13. Наумович А.В. Определение рациональных параметров способа поддержания подготовительных выработок в условиях шахты «Шахтерская-Глубокая» / Р.Н. Терещук, А.Н. Кузнецова, А.В. Наумович // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: междунар. науч.-техн. конф., 8-10 апр. 2010 г.: тезисы докл. – Донецк: “Норд - Пресс”, 2010. – Вып. 16. – С. 103-105.

Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві: [2] – проведення теоретичних досліджень, аналіз результатів; [3, 9] – виконання спостережень у шахтних умовах, аналіз результатів; [4, 5] – розробка методики, виконання та аналіз результатів лабораторних досліджень; [6, 8, 11, 13] – розробка методики і проведення чисельних досліджень.

## АНОТАЦІЯ

Наумович О.В. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких вугільних шахт. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 – “Шахтне та підземне будівництво”. Національний гірничий університет Міністерства освіти і науки України, Дніпропетровськ, 2010.

У дисертації встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану породного масиву поблизу відпрацьованого простору лави, що відбуваються при послідовному застосуванні комплексу заходів для охорони підготовчої виробки від негативного впливу гірського тиску в умовах великих глибин розробки.

На основі виконання сукупності візуальних й інструментальних спостережень за проявами гірського тиску в підготовчих виробках шахти “Шахтарська-Глибока”, а також математичного моделювання встановлено, що в розглянутих гірничо-геологічних умовах зниження стійкості виробок обумовлено інтенсивним та значним зміщенням покрівлі, що дозволило розробити новий спосіб охорони підготовчої виробки.

На основі фізичного та математичного моделювання деформаційних процесів навколо сполучення лави та штреку встановлені закономірності зміни НДС масиву залежно від характеристик засобів охорони підготовчої виробки, що дозволило для умов шахти “Шахтарська-Глибока” визначити раціональні параметри нового комплексного способу запобігання негативного впливу гірського тиску в зоні впливу очисних робіт.

Очікуваний економічний ефект від реалізації запропонованого способу охорони та підтримки підготовчих виробок по шахті складе 27,3 тис. грн на 1000 п.м.

Ключові слова: підготовча виробка, шарувате середовище, позамежне деформування гірських порід, обвалення основної покрівлі, велика глибина розробки, спосіб охорони та підтримки.

## АННОТАЦІЯ

Наумович А.В. Обоснование параметров способа обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких угольных шахт. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 – “Шахтное и подземное строительство”. Национальный горный университет Министерства образования и науки Украины, Днепропетровск, 2010.

В диссертации установлены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния породного массива вблизи выработанного пространства лавы, которое происходит под воздействием последовательного

применения комплекса мер по охране подготовительной выработки от негативного влияния горного давления в условиях больших глубин разработки.

На основе выполнения совокупности визуальных и инструментальных наблюдений за проявлениями горного давления в подготовительных выработках шахты “Шахтерская-Глубокая”, а также математического моделирования установлено, что в рассматриваемых горно-геологических условиях снижение устойчивости выработок обусловлено интенсивными и значительными смещениями кровли, что позволило разработать комплекс мероприятий по охране подготовительной выработки от негативного воздействия горного давления в зоне влияния очистных работ, который заключается в том, что выработку проводят широким забоем, с формированием раскоски со стороны восстания, в раскоске устанавливают охранную конструкцию из железобетонных плит, возводят арочную крепь с усилением тремя анкерами. Новый способ повышения устойчивости подготовительных выработок может использоваться при пологом залегании пород.

Установлены основные закономерности развития деформации массива в окрестности подготовительной выработки, подверженной влиянию очистных работ. Доказано, что деформирование выделенного сечения подготовительной выработки в зоне влияния лавы происходит несимметрично, с преобладанием вертикальных смещений и перекосом крепи в сторону падения пласта, в два этапа: с расположением лавы на расстоянии от 300 м до 50 м и на расстояние от 50 м до нуля; при этом интенсивность вертикальных смещений на втором этапе в 5 раз выше, чем на первом.

На основе моделирования породного массива эквивалентными материалами установлено, что осуществление полного комплекса предложенных мероприятий уменьшает смещения контура выработки и приводит к улучшению геомеханической ситуации вокруг подготовительной выработки и сопряжения ее с лавой, что подтверждает эффективность предложенного нового способа охраны выработки в условиях больших глубин разработки.

На основе математического моделирования деформационных процессов вокруг сопряжения лавы и штрека установлены закономерности изменения НДС массива в зависимости от характеристик средств охраны подготовительной выработки, что позволило для условий шахты “Шахтерская-Глубокая” определить рациональные параметры нового способа предотвращения негативного воздействия горного давления в зоне влияния очистных работ, а именно: арочная податливая крепь + один анкер (длиной 3 м) со стороны падения на высоте 2 м от почвы под углом  $30^{\circ}$  к горизонтали, второй анкер со стороны восстания на высоте 3 м от почвы под углом  $135^{\circ}$  и третий в кровле со смещением от оси выработки в сторону падения на 0,5 м под углом  $75^{\circ}$ ; со стороны будущей лавы в раскоске установлено ограждение шириной 2,5 м из железобетонных плит.

На основе выполненных исследований разработаны и утверждены рекомендации по повышению устойчивости подготовительных выработок, эксплуатирующихся на глубоких горизонтах угольных шахт (для условий шахты «Шахтерская-Глубокая»), которые использованы при поддержании 1-го западного

конвейерного штрека уклонного поля центрального блока пласта  $h_8$  горизонта 1380 м.

Ожидаемый экономический эффект от реализации предложенного способа охраны и поддержания подготовительных выработок по шахте составит 27,3 тыс. грн на 1000 п.м.

Ключевые слова: подготовительная выработка, слоистая среда, запредельное деформирование горных пород, обрушение основной кровли, большая глубина разработки, способ охраны и поддержания.

## THE SUMMARY

Naumovich O.V. Substantiation of parameters of method of ensuring sustainability of development workings of deep coal mines. – Manuscript.

Dissertation on obtaining scientific degree of Candidate of Technical Science. Specialty 05.15.04 – “Mine and Underground Construction”. National Mining University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipropetrovsk, 2010.

In this thesis the regularities of the stress-strain state of rock mass near the exhaust area of lava occurring by application of measures for the protection of a development working from the negative influence of rock pressure in deep water development.

On the basis of performance combined visual and instrumental observations of manifestations of rock pressure in the pre-workings of the mine "Shahterskaya-glubokaya", as well as mathematical modeling revealed that in these geological conditions decrease the stability of openings caused by intensive and extensive displacement of the roof that allowed the development of a new way of preparatory workings.

On the basis of physical and mathematical modeling of deformation processes around a pair of lava and the regularities of changes in roadway stress-strain state of array depending on the characteristics of the protection of preparatory workings, allowing for the conditions of the mine " Shahterskaya-glubokaya" to determine the rational parameters of a new integrated method to avoid the negative influence of rock pressure in the zone implementation of sewage treatment works.

The expected economic effect from implementation of the proposed method of protection and support of development workings at the mine would be 27.3 thousand UAH per 1000m.

Keywords: development working, laminated area, supraliminal deformations of rocks, the collapse of the main roof, large depth of mining, method of protection and support.

**НАУМОВИЧ Олександр Володимирович**

**Обґрунтування параметрів способу забезпечення  
стійкості підготовчих виробок глибоких  
вугільних шахт**

**(Автореферат)**

**Підписано до друку 27.05.2010 р. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Умов.друк.арк. 0,9.  
Обліково-видавн. арк. 0,9.  
Тираж 120 прим. Замовлення № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.**

**РВК НГУ  
49027, м. Дніпропетровськ-27, просп. К. Маркса, 19.**

