

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**СОЦКОВ Вадим Олександрович**



УДК 622.281.76

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ ТА КРІПЛЕННЯ  
ВИРОБОК, ЩО НАДПРАЦЬОВУЮТЬСЯ, ПРИ ВЕДЕННІ ОЧИСНИХ  
РОБІТ НА ШАХТАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

Спеціальність 05.15.02 – підземна розробка родовищ  
корисних копалин

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**БОНДАРЕНКО**

**Володимир**

**Ілліч**

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ),

**КРУКОВСЬКИЙ**

**Олександр**

**Петрович**

кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехнологій і охорони праці Красноармійського індустріального інституту Державний ВНЗ «ДонНТУ».

**СЕРГІЄНКО**

**Олександр**

**Іванович**

Захист відбудеться «30» червня 2015 р. об 11-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий «29» травня 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03  
кандидат технічних наук, доцент



**М.В. Петльований**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У складних гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу збільшення довжини виїмкових стовпів призводить до серйозних проблем підтримання підготовчих виробок. В результаті витрати на підтримання виробок досягають 15 % в собівартості 1 т вугілля.

В таких умовах виробництво зіткнулося з труднощами технологічного характеру, в тому числі, з подачею необхідного обсягу повітря для забезпечення ефективної та безперебійної роботи високопродуктивного механізованого комплексу. Поліпшення режиму провітрювання забезпечують на практиці проведенням підготовчих виробок під виїмкових стовпом для подачі додаткових об'ємів повітря з одночасним відведенням шахтних вод, що дозволяє істотно збільшити довжину виїмкових стовпів. При цьому виникає необхідність дослідження впливу надпрацювання масиву на стійкість виробки, яка потрапляє в зону дії опорного тиску від очисного вибою. Серед різноманіття досліджень, присвячених вивченню проявів гірського тиску в підготовчих виробках, питання підтримки виробок, що надпрацюються, не досліджене повною мірою.

Недостатня вивченість даного гірничотехнічного питання і відсутність системного підходу до забезпечення необхідної стійкості виробок, що надпрацюються, обґрунтовує актуальність теми дисертації. Це потребує вирішення нової науково-технічної задачі з підвищення ефективності підтримання виробок, що надпрацюються, з урахуванням зміни напружено-деформованого стану тонкошаруватого гірського масиву в момент проходження очисного вибою по вище розташованому вугільному пласту для забезпечення їх малозатратного підтримання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» відповідно до плану найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України: ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобування вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541); ГП-422 «Наукові основи керування просторовою системою «масив-кріплення» з урахуванням граничного і позамежного стану та уніфікованими засобами контролю газових сумішей» (№ держреєстрації 0109U002815); ГП-440 «Фізико-технічні основи енергозберігаючої технології підземної розробки тонких і вельми тонких вугільних пластів» (№ держреєстрації 0111U002810); ГП-450 «Наукові основи деформування просторово-неоднорідної системи «масив-кріплення» з урахуванням контролю умов праці у шахтах за пиловим фактором» (№ держреєстрації 0112U000869); В3341101000 / ОБ-52 «Розроблення технологічного регламенту кріплення і охорони виїмкових виробок на пологих пластах» (№ держреєстрації 0111U009438); ГП-469 «Розробка засад синтезу інформаційних і геомеханічних систем керування процесами підземних гірничих робіт» (№ держреєстрації 0114U006105), в яких автор брав безпосередню участь як виконавець.

**Мета роботи** – обґрунтування параметрів розташування і кріплення виробок, що надпрацьовуються, при веденні очисних робіт на шахтах Західного Донбасу з урахуванням закономірностей зміни напружено-деформованого стану вміщувальних порід.

Поставлена мета досягається шляхом вирішення наступних задач:

1. Аналіз впливу ведення очисних робіт на розташування виробок, що надпрацьовуються;
2. Обґрунтування просторової геомеханічної моделі навантаження навколишнього масиву і кріплення виробки, що надпрацьовується, в період проходження над нею очисного вибою;
3. Встановлення закономірностей поведінки геомеханічної системи і конструкцій елементів кріплення виробки, що надпрацьовується, при зміні глибини її розташування і відстані до очисного вибою;
4. Розробка методики розрахунку параметрів розташування і кріплення підготовчих виробок, що надпрацьовуються, для умов шахт Західного Донбасу.

**Ідея роботи** полягає у використанні закономірностей зміни напружено-деформованого стану (НДС) геомеханічної системи виробки, що надпрацьовується, від глибини її розташування і відстані до очисного вибою.

**Об'єктом дослідження** є процеси керування НДС шаруватого гірського масиву і кріплення підготовчої виробки в умовах її надпрацювання.

**Предмет дослідження** – закономірності впливу НДС геомеханічної системи на параметри кріплення і розташування виробки, що надпрацьовується, при проходженні очисного вибою по вище розташованому пласту.

**Методи досліджень.** У роботі використані: обчислювальний експеримент на основі методу кінцевих елементів (МКЕ); методи механіки гірських порід; кореляційно-дисперсійний аналіз; метод шахтних експериментальних досліджень.

**Наукові положення, які виносяться на захист:**

1. Місце стійкого розташування виробки, що надпрацьовується, на відстані  $h$  від подошви вугільного пласта, змінюється за ступеневої залежності від співвідношення глибини закладання виробки  $H$  і середнього розрахункового опору стисненню  $R$  вміщувальних порід. Це дозволяє прогнозувати сталий стан виробки протягом усього терміну її експлуатації;

2. Навантаження на кріплення підготовчої виробки, що надпрацьовується, знаходиться в прямо пропорційній ступеневій залежності від параметра  $H/R$  і зворотно пропорційному експоненційному зв'язку з відстанню  $h$  до вугільного пласта. Це забезпечує вибір параметрів системи кріплення зі зниженою матеріаломісткістю без погіршення стійкості виробки.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

– вперше розроблена просторова геомеханічна модель для дослідження проходження лави над підготовчою виробкою з урахуванням впливу глибини ведення робіт, структури і властивостей гірських порід, положення очисного вибою і параметрів кріплення виробки, що дозволило максимально наблизити

модель до реальних гірничо- геологічних і гірничотехнічних умов для підвищення адекватності одержуваних результатів;

– проаналізовано характер і розміри зон опорного тиску, а також встановлено ступінь впливу очисних робіт на кріплення виробки, що надпрацьовується. Встановлено, що найбільш інтенсивний вплив на систему кріплення відбувається при розташуванні очисного вибою безпосередньо над виробкою;

– вперше обґрунтовано зв'язок раціонального місця розташування підготовчої виробки, що надпрацьовується, відносно вугільного пласта з глибиною розміщення виробки і середнім розрахунковим опором стисненню прилеглих порід;

– встановлено нові закономірності зв'язку параметрів кріплення виробки, що надпрацьовується, з геомеханічними факторами її підтримки, що відрізняються від відомих з урахуванням їх взаємовпливу як в domeжних, так і позаomeжних стадіях деформування кожної складової геотехнічної системи.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується коректною постановкою і вирішенням задач з використанням фундаментальних положень механіки гірських порід, будівельної механіки, опору матеріалів, кореляційно-дисперсного аналізу і чисельних методів моделювання на основі МКЕ; задовільною збіжністю результатів отриманих при моделюванні, з результатами натурних шахтних експериментів: похибка склала 21-26 % для величини зближення покрівлі і подошви, 20 % - для величини втрати перерізу виробки і 15-26 % для зазорів в зоні проходу людей.

**Наукове значення** роботи полягає у встановленні параметрів системи кріплення виробки, що надпрацьовується очисними роботами по вище розташованому вугільному пласту, на основі закономірностей впливу напружено-деформованого стану породного масиву на стійкість підготовчої виробки від глибини її проведення та властивостей гірських порід.

#### **Практичне значення роботи:**

– розроблено «Методика визначення раціональних параметрів розташування та засобів кріплення виробок, що надпрацьовуються, в тонкошаруватому масиві слабких порід»;

– обґрунтовано раціональні параметри засобів кріплення підготовчих виробок, що надпрацьовуються, для умов шахти «Самарська» ШУ «Тернівське» ПАО "ДТЕК Павлоградвугілля";

– розроблено «Технологічний регламент кріплення та охорони виїмкових виробок на пологих пластах» (Міністерство палива та енергетики України, 2013).

#### **Реалізація результатів досліджень:**

– впроваджена «Методика визначення раціональних параметрів розташування та засобів кріплення виробок, що надпрацьовуються, в тонкошаруватому масиві слабких порід», яка передана для використання при складанні проектної документації в ШУ «Тернівське» ПАО "ДТЕК Павлоградвугілля";

– розроблено та затверджено «Технологічний регламент кріплення та охорони виїмкових виробок на пологих пластах» (Міністерство палива та енергетики України, 2013);

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно сформульовані мета і задачі досліджень, ідея роботи, наукові положення, висновки і рекомендації, програма проведення натурних експериментів і чисельного моделювання, обрані методи теоретичних і шахтних досліджень. Автор брав безпосередню участь у виконанні теоретичних і експериментальних робіт, розробці методик та нормативно-технічної документації щодо впровадження результатів досліджень у виробництво.

#### **Апробація результатів дисертації.**

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних наукових конференціях: «Трансфер технологій: від ідеї до прибутку» (м. Дніпропетровськ, 2010); «Widening our horizons» (м. Дніпропетровськ, 2014); Школа підземної розробки (м. Ялта, 2013, м. Бердянськ, 2014), «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» (Росія, м. Іваново, 2013); «Szkoła Eksploatacji Podziemnej» (Польща, м. Краків, 2014); «Geotechnika I budownictwo specjalne» (Польща, м. Вісла, 2014); «15 Geokinematischer Tag» (Німеччина, м. Фрайбург, 2014).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 20 наукових праць, з них 11 – у фахових виданнях з переліку МОН України, 4 – в іноземних виданнях, 3 – у збірниках матеріалів міжнародних конференцій, 1 колективна монографія, 1 нормативний документ.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел з 190 найменувань на 20 сторінках; містить 137 сторінок машинописного тексту, 46 рисунків, 1 таблиці і 3 додатки на 8 сторінках; загальний обсяг роботи 166 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми досліджень, розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету, ідею та завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, викладено основні наукові положення, наукову новизну та значення отриманих результатів, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію результатів та структуру роботи.

**У першому розділі** наведено аналіз розвитку теоретичних і експериментальних підходів до обґрунтування раціональних параметрів проведення та кріплення підготовчих виробок в зоні впливу очисних робіт з урахуванням напружено-деформованого стану породного масиву внесли представники наукових шкіл НГУ, ІГТМ НАН України, ДонНТУ, УкрНДМІ НАН України, НТУУ «КПІ», МДГУ, СПбГГІ та ін. При всьому різноманітті аналітичних методів та існуючих робіт, питання підтримки виробок, що надпрацьовуються, для умов Західного Донбасу вивчені недостатньо. У зв'язку з цим виникає необхідність продовження досліджень з визначення раціональних параметрів розташування і кріплення підготовчих виробок, що

надпрацьовуються, для гірничо- геологічних умов Західного Донбасу з використанням сучасних методів розрахунку. Аналіз існуючих уявлень про ступінь впливу геомеханічних процесів при веденні очисних робіт на підготовчі виробки показав, що вдосконалення аналітичних підходів зіткнулося з проблемами, які на даний момент допомагає долати використання обчислювального експерименту на основі кінцево-елементних методів, що дозволяє максимально наблизити модель до реальних характеристик масиву гірських порід і систем кріплення виробки в умовах надпрацювання.

На підставі виконаного аналізу результатів досліджень в цій області сформульована мета роботи, поставлені задачі й обґрунтовані методи їх рішення.

**Другий розділ** присвячений дослідженню НДС породного масиву і кріплення виробки в умовах надпрацювання. Розроблено методіку проведення обчислювального експерименту на базі методу кінцевих елементів для вивчення поведінки масиву, що надпрацьовується, використання якої дозволило отримати максимально точні результати дослідження для конкретних гірничо-геологічних умов відповідно до застосовуваної схеми кріплення виробок, а також поточної виробничої ситуації.

Обґрунтовано геомеханічну модель вуглевміщуючого масиву гірських порід, а також система кріплення дренажного вентиляційного штреку блоку № 3 шахти «Самарська» при відпрацюванні 547 лавою пласта С<sub>5</sub>. Згідно з геологічним прогнозом, заснованому на даних геологорозвідувальних свердловин НЗ-4391, НЗ-4388, №12954, задані всі необхідні фізико-механічні властивості порід, геометричні та механічні параметри системи кріплення, граничні умови її взаємодії з масивом для проведення максимально адекватного розрахунку.

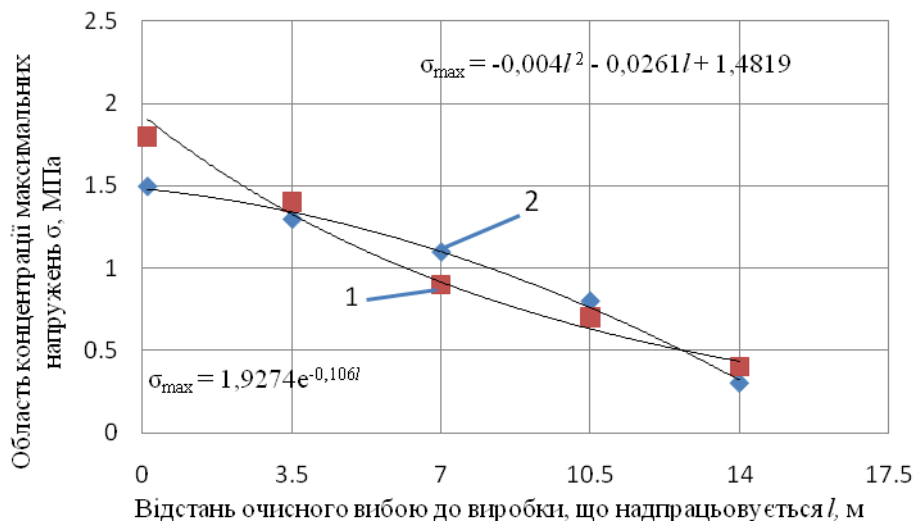


Рисунок 1 – Залежність зміни областей  $\sigma_{\max}$  від відстані до очисного вибою: 1 – в анкерному кріпленні; 2 – в рамному кріпленні.

Аналіз результатів розрахунку напружено-деформованого стану гірського масиву і системи кріплення проведено на епюрах інтенсивності напружень  $\sigma$ , горизонтальних  $\sigma_x$  і вертикальних  $\sigma_y$  напружень, які дозволяють оцінити якісну і

кількісну картину розподілу напружень. В результаті встановлено, що з наближенням очисних робіт до виробки збільшується зона опорного тиску навколо механізованого комплексу, що позначається на НДС масиву навколо виробки і на навантаженні на рамне і анкерне кріплення. При підході очисного вибою формується навантаження переважно зі сторони наближення лави, а при її розташуванні над виробкою асиметрія розподілу НДС зміщується в протилежну сторону. У зв'язку з тим, що на останньому етапі розрахунку очисний вибій знаходився безпосередньо над штреком, це призвело до розвитку найбільших напружень в породних шарах, що залягають між вугільним пластом і виробкою. У результаті відбулося знеміцнення масиву і утворення тріщин, а також пластичні деформації конструктивних елементів рами і деформації анкерів в місцях зсування породних шарів відносно один одного.

У результаті аналізу серії обчислювальних експериментів, встановлена залежність зміни напружено-деформованого стану гірського масиву і кріплення дренажного вентиляційного штреку від розташування очисного забою (Рис. 1). Встановлено найбільш небезпечне положення лави над дренажним штреком, а також області підвищених концентрацій напружень у масиві. Ці результати використані в подальших дослідженнях за двома напрямками. По-перше, в наступних серіях обчислювальних експериментів вивчається виключно найбільш небезпечне становище лави щодо вертикальної осі дренажного вентиляційного штреку. По-друге, сформовані рекомендації щодо вдосконалення моделі в частині врахування: областей знеміцнення (поділу на блоки) і повного руйнування, впливу ослаблення масиву при обводнюванні, впливу вже відпрацьованих суміжних виїмкових діляниць.

**У третьому розділі** за вищенаведеними рекомендаціями здійснено удосконалення просторової геомеханічної моделі (Рис. 2), яка включає в себе безпосередньо лаву, виїмальні штреки, а також ділянки раніше відпрацьованих лав по 25 м з кожного боку в напрямку виробленого простору. У покрівлі над відпрацьованими лавами, а також навколо виїмкових виробок моделюється зона шарнірно-блокового зсування з розбиттям породних шарів на блоки з різними розмірами, а також зона хаотичного обвалення. На глибині 9 м від вугільного пласта і на видаленні 18 м від переднього краю моделі проведено дренажний штрек. Згідно паспорта кріплення дренажного штреку було змодельовано рамне і анкерне кріплення.

В ході проведеної серії обчислювальних експериментів в пружно-пластичній постановці виявлено, що вибрана концепція максимальної деталізації просторової моделі, а також перехід до пружно-пластичним характеристикам матеріалів дозволив істотно наблизити результати експерименту до реальних виробничих умов.

Для оцінки достовірності результатів моделювання проведено аналіз шахтних інструментальних спостережень за станом дренажного вентиляційного штреку пл. С<sub>5</sub> шахти «Самарська». Для порівняння використані дані з епюр переміщень по точках аналогічним зі схемою вимірювань для реальної виробки. Отримані графіки (Рис. 3-6) згруповані для зручності аналізу.



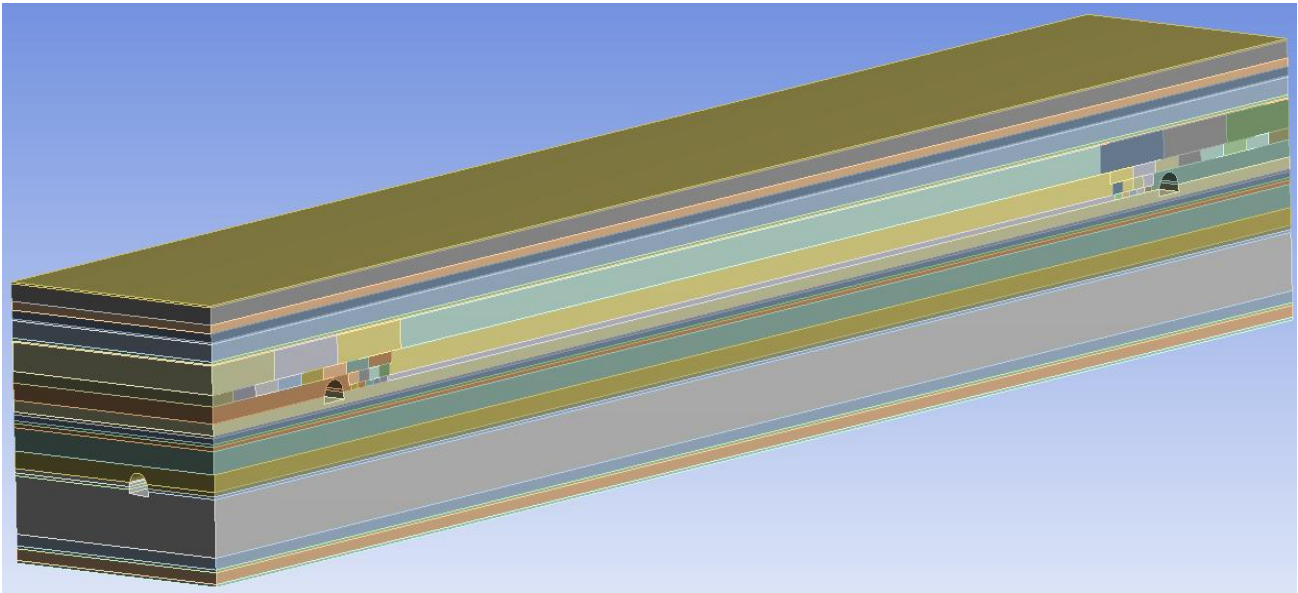


Рисунок 2 – Просторова модель розміщення дренажного вентиляційного штреку під виїмкових стовпом 547 лави пласта С<sub>5</sub>.

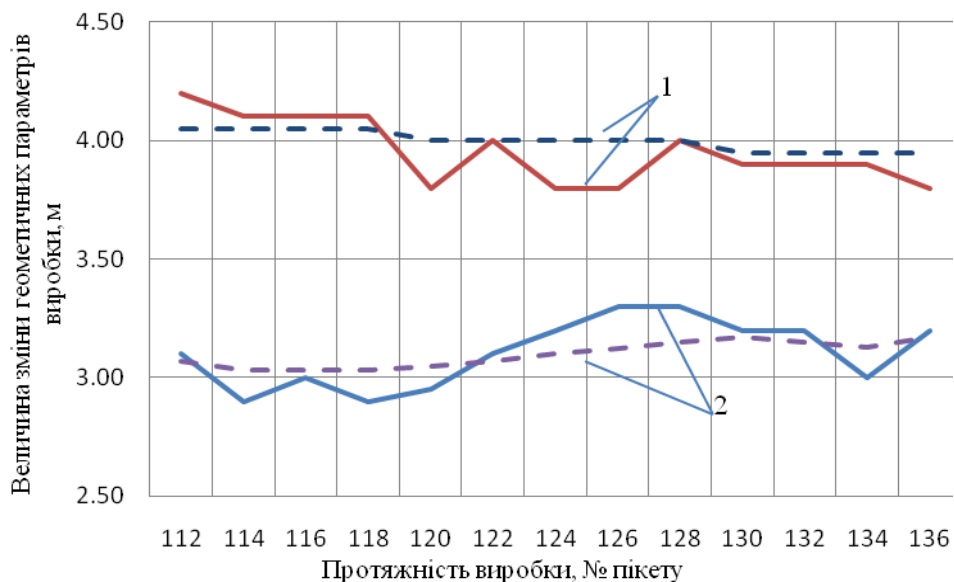


Рисунок 3 – Зміна ширини (1) і висоти (2) виробки за результатами: — натурних спостережень; - - - обчислювального експерименту.

В результаті кореляційного аналізу отриманих даних встановлено, що похибка між результатами обчислювального експерименту і натурних спостережень коливається в діапазоні від 15 % до 26 %. За величиною зближення покрівлі похибка становить – 26 %, підшви – 21 %; зменшення зазорів склало: 1 – 15 %, 2 – 26 %; похибка по параметру втрати перерізу – 20 %. Отримані результати є цілком задовільними і підтверджують достовірність проведених досліджень.

Для визначення раціональних параметрів розміщення виробок, над якими будуть проводитися очисні роботи, проведено низка досліджень. Встановлено,

що раціональним є проведення підготовчої виробки, починаючи з глибини  $h = 14\text{м}$  від підшови вугільного пласта для умов шахти «Самарська». При такому віддаленні відбувається значне зниження негативного впливу надпрацювання, що дозволяє забезпечити задовільний стан дренажного вентиляційного штреку.

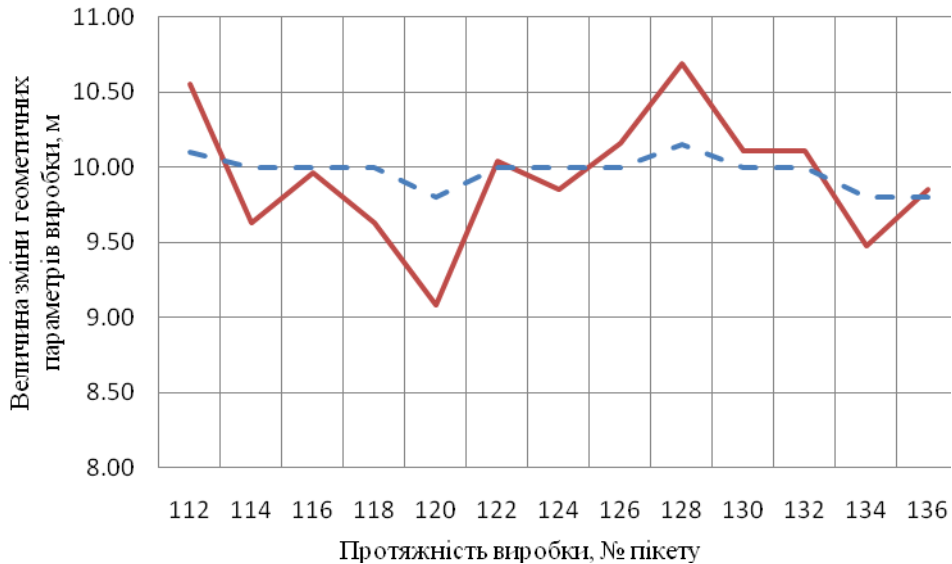


Рисунок 4 – Зміна поперечного перерізу виробки за результатами: — натурних спостережень; - - - обчислювального експерименту.

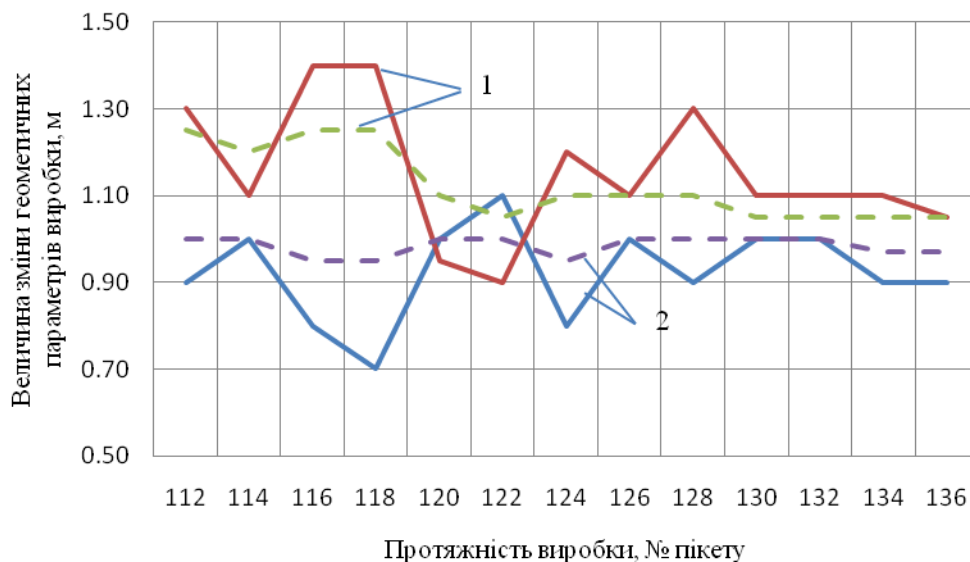


Рисунок 5 – Зміна величини зазорів – 1; 2 за результатами: — натурних спостережень; - - - обчислювального експерименту.

Крім аналізу конкретного випадку проведення дренажного вентиляційного штреку на шахті «Самарська», були проведені додаткові дослідження для різних глибин і властивостей гірських порід відповідно до умов шахт Західного Донбасу.

За сукупністю результатів проведеного аналізу стану вуглевміщуючого масиву навколо підготовчої виробки, що надпрацьовується, і елементів її системи кріплення побудовано сімейство графіків (Рис. 6), що відображають закономірності впливу геомеханічних факторів на мінімально достатню відстань  $h$  від вугільного пласта до штреку, розміщеного в його підшві. Наглядно простежується нелінійний прямо пропорційний зв'язок відстані  $h$  з глибиною  $H$  розміщення виробки і нелінійний обернено пропорційний зв'язок з її середнім розрахунковим опором стисненню  $R$  навколишнього масиву.

Після обробки результатів серії обчислювальних експериментів методами кореляційно-дисперсійного аналізу, встановлено, що найбільш тісний зв'язок простежується з величиною відношення глибини  $H$  розміщення виробки і середнім розрахунковим опором стисненню  $R$  довколишнього масиву порід навколо виробки. Рівняння регресії має вигляд

$$h = 4,7 \left( \frac{H}{R} \right)^{0,43}, \text{ м} \quad (1)$$

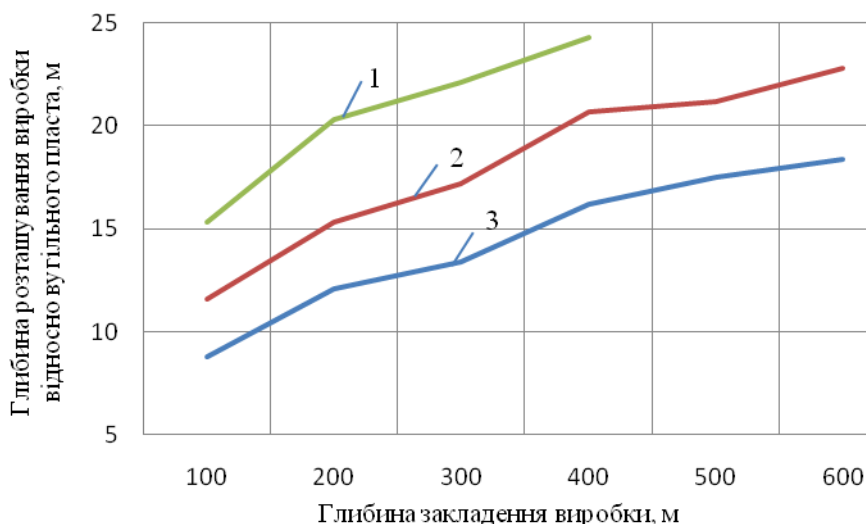


Рисунок 6 – Залежність раціональної відстані  $h$  штреку, що надпрацьовується, до вугільного пласта від глибини  $H$  розміщення виробки при середньому розрахунковому опорі стисненню гірських порід: 1 –  $R = 8,3$  МПа; 2 –  $R = 13,8$  МПа; 3 –  $R = 23,0$  МПа.

Отримана залежність дозволяє спрогнозувати раціональну величину заглиблення штреку в підшву пласта, що відпрацьовується, для широкого кола гірничо-технічних умов шахт Західного Донбасу. Параметр  $R$  визначається за СОУ 10.1.00185790.011: 2007 з урахуванням впливу міцності літологічних різниць, що залягають на відстані по вертикалі між підготовчою виробкою і вугільним пластом.

У четвертому розділі виконані дослідження для обґрунтування параметрів системи кріплення виробки, що надпрацьовується, і розробці рекомендацій з її надійної і маломатеріаломісткої підтримки в умовах шахт Західного Донбасу.

Визначення раціональних параметрів системи кріплення здійснено за двома взаємозалежними напрямками:

– пошук зв'язку параметрів установки рамного кріплення (як базової складової системи кріплення) з геомеханічними факторами  $\frac{H}{R}$  и  $h$  підтримки виробки (Рис. 7);

– виявлення найбільш ефективних схем установки анкерів з урахуванням параметрів рамного кріплення.

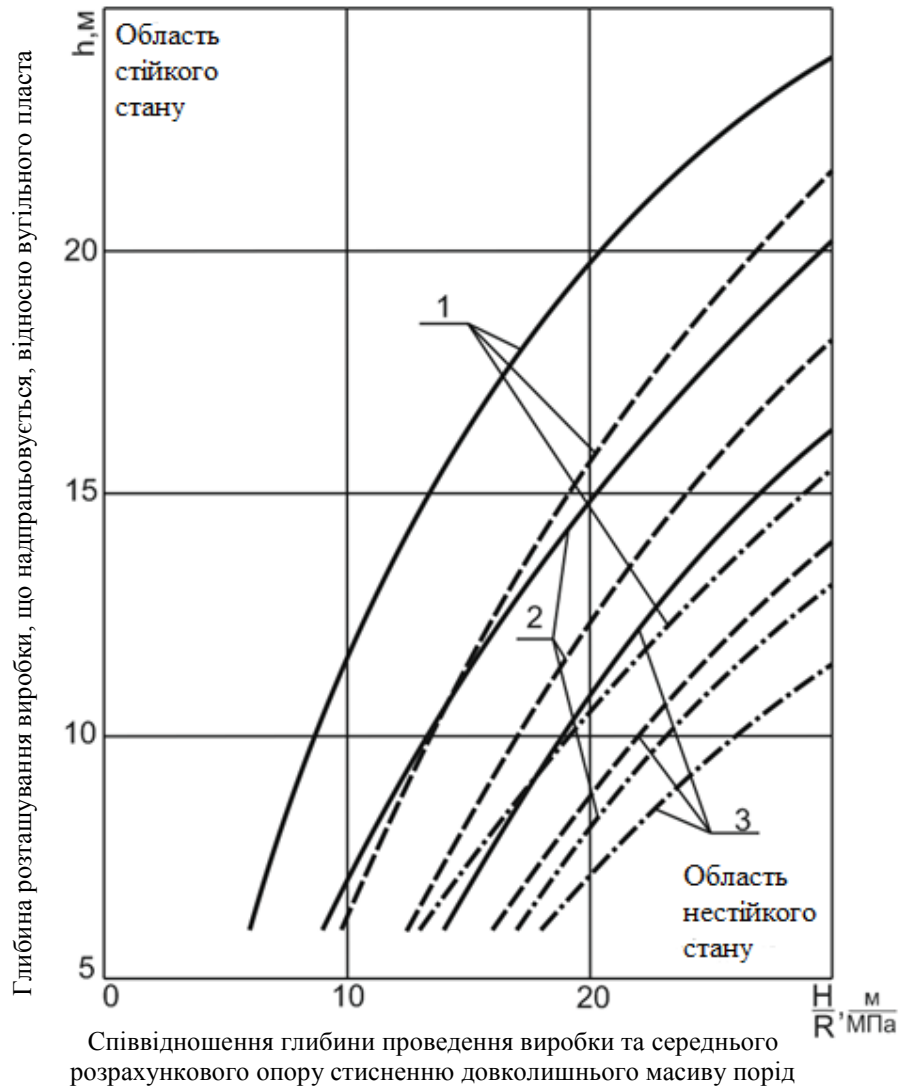


Рисунок 7 – Вибір кроку установки  $L$  рамного кріплення і номера її СВП залежно від параметрів  $\frac{H}{R}$  та  $h$  підтримання підготовчої виробки, що надпрацьовується: —  $L = 1,0$  м; — —  $L = 0,8$  м; — · —  $L = 0,5$  м; 1 – СВП-22; 2 – СВП-27; 3 – СВП-33.

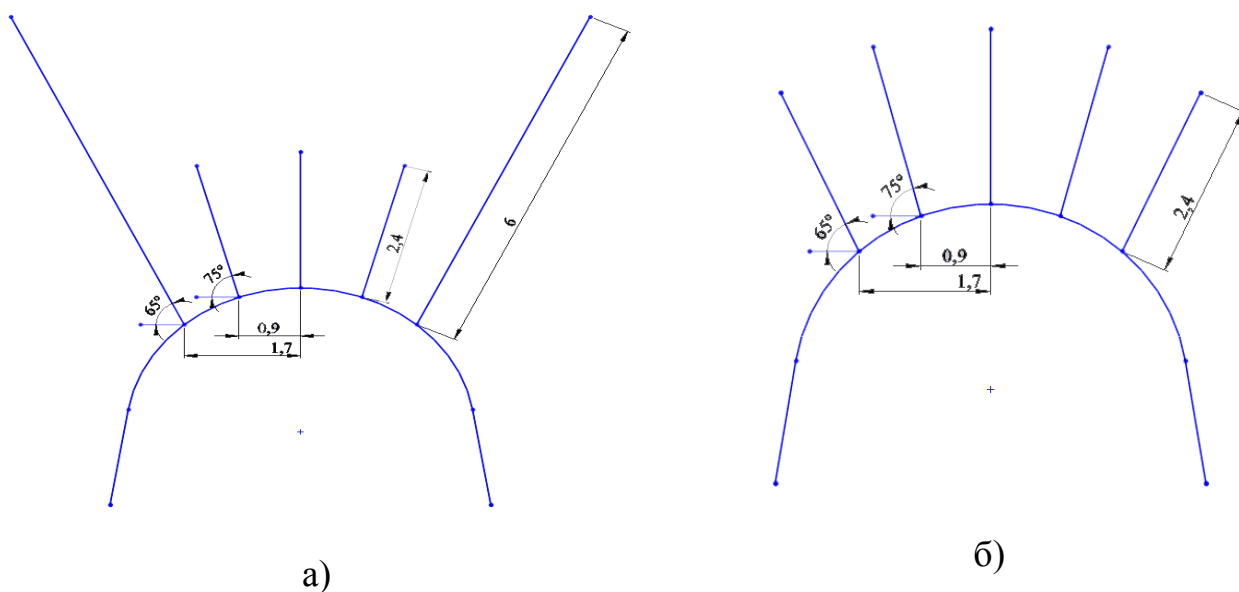
Дослідження виявили дві основні тенденції зміни рівня напруженості навколишнього масиву і елементів системи кріплення виробки, що надпрацьовується:

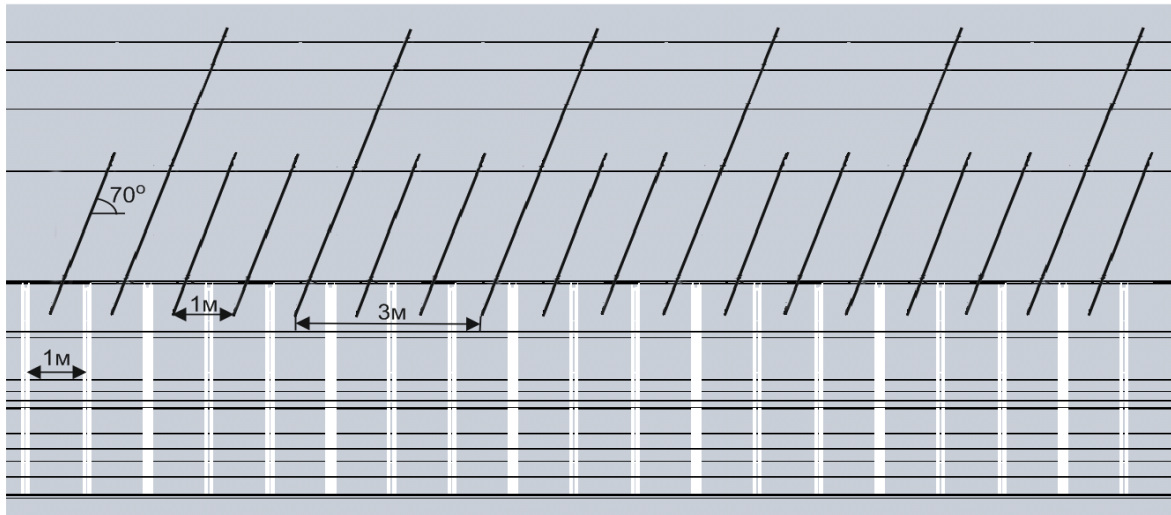
– інтенсивність напружень  $\sigma$  в системі кріплення зростає зі збільшенням відношення  $\frac{H}{R}$ , що тотожне зростанню на неї навантаження з боку породного масиву;

– інтенсивність напружень  $\sigma$  знижується за експоненційною залежністю в мірі віддалення  $h$  виробки в підшву вугільного пласта; навантаження елементів кріплення знижується.

Дані тенденції лягли в основу перебору варіантів параметрів системи кріплення і вибору з них найбільш доцільних з точки зору виконання умов стійкості виробки при мінімальній матеріаломісткості засобів її кріплення.

В результаті рекомендована схема установки анкерів, наведена на рис. 8, що складається з комбінації канатних анкерів довжиною 6 м і сталеполімерних анкерів довжиною 2,4 м, встановлених у покрівлі. Використання канатних анкерів відбувається через кожні два кроки установки схеми тільки зі сталеполімерними анкерами. Крок встановлення рамною і анкерного кріплення визначається за графіками рис. 7.





в)

Рисунок 8 – Схема установки анкерів: а) з використанням канатних анкерів; б) без використання канатних анкерів; в) поздовжній перетин виробки.

За підсумками виконаних досліджень розроблена методика визначення раціональних параметрів розташування і засобів кріплення виробок, що надпрацьовуються, в тонкошаруватому масиві слабких порід, яка дозволяє розробити технічні рішення щодо забезпечення належних експлуатаційних параметрів виробки. Запропонований метод рекомендується використовувати як доповнення до діючих нормативних документів з підтримки гірничих виробок в умовах надпрацювання і на його основі здійснювати вибір параметрів кріплення і проведення подібних виробок для умов шахт Західного Донбасу. Очікуваний економічний ефект від впровадження розробок склав 2 454 509 грн.

## ВИСНОВКИ

В дисертації є завершеною науково-дослідною роботою в якій приведено рішення актуальної нової науково-технічної задачі з підвищення ефективності підтримання підготовчих виробок, що надпрацьовуються, з урахуванням зміни напружено-деформованого стану тонкошаруватого масиву і їх систем кріплення в момент проходження очисного вибою за вище розташованому вугільному пласту.

Основні наукові та практичні результати полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз сучасних уявлень і ступеня вивченості питання про вплив геомеханічних процесів в масиві при веденні очисних робіт на підготовчі виробки дозволив розробити комплексний підхід до визначення раціональних параметрів розташування і кріплення виробок, що надпрацьовуються.

2. Розроблено методику проведення обчислювального експерименту з вивчення поведінки масиву, що надпрацьовується, використання якої дозволило отримати найбільш достовірні результати розрахунку НДС вміщуючого масиву і системи кріплення виробки.

3. Обґрунтовано просторову геомеханічну модель навантаження

навколишнього масиву і кріплення виробки, що надпрацьовується, в період проходження над нею очисного вибою. Проведена серія обчислювальних експериментів, на базі МКЕ в пружно-пластичній постановці. Проаналізовано характер і розміри зон опорного тиску, а також встановлено ступінь впливу очисних робіт на кріплення виробки, що надпрацьовується. Досліджено вплив обводнення масиву на зміну НДС системи кріплення. Встановлено, що найбільш інтенсивний вплив на систему кріплення відбувається при розташуванні очисного забою безпосередньо над виробкою.

4. Встановлено закономірності поведінки геомеханічної системи і конструкцій елементів кріплення виробки, що надпрацьовується, при зміні глибини її розташування і відстані до очисного вибою. Виявлено залежність раціональної відстані  $h$  штреку до вугільного пласта від глибини  $H$  розміщення виробки і середнього розрахункового опору стисненню вміщуючого масиву. Це дозволило встановити, що мінімально достатня глибина розташування дренажного штреку в підошві вугільного пласта для умов Західного Донбасу змінюється в діапазоні 8 – 24 м і запропоновано вираз для розрахунку  $h$  в конкретній гірничо-геологічній ситуації.

5. Розроблено алгоритм пошуку раціональних параметрів системи кріплення, який за допомогою обчислювального експерименту дозволяє враховувати всі найбільш значущі параметри, що впливають на стан основних несучих елементів. Створена система рекомендацій щодо визначення параметрів засобів кріплення, що забезпечують надійне і маломатеріаломістке підтримання підготовчих виробок, що надпрацьовуються, в умовах шахт Західного Донбасу.

6. Розроблена методика розрахунку параметрів розташування і кріплення підготовчих виробок, що надпрацьовуються, в тонкошаруватому масиві слабких порід, яка дозволяє виробити технічні рішення щодо забезпечення належних експлуатаційних параметрів виробок для шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Економічний ефект очікується отримати за рахунок зниження матеріаломісткості системи кріплення і виключення позапланових операцій з відновлення експлуатаційного стану виробок. Очікуваний економічний ефект складе 2 454 509 грн.

#### **Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:**

1. Соцков В.А. Аналитико-экспериментальные исследования устойчивости выемочных выработок и расчет параметров крепижной системы: монография / [В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.Г. Снигур и др.] – Д.: ЛізуновПрес, 2013. – 178с.

2. Соцков В.А. Геомеханические исследования влияния очистных работ на устойчивость магистральных выработок / В.А. Соцков // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2014. – № 14. – С. 229 – 240.

3. Соцков В.О. Принципи розробки інформаційної системи шахти, яка враховує геомеханічний стан гірського масиву / В.В. Фомичов, В.О. Соцков // Науковий вісник НГУ – 2010. – № 3. – С. 20 – 22.

4. Соцков В.А. Закономерности влияния геотехнологических характеристик крепи и пород горного массива на устойчивость выемочной



выработки в зоне разгрузки / В.В. Фомичев, В.Ю. Медяник, В.А. Соцков, Е.Г. Чебля // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013 – №42 – С.95 – 101.

5. Соцков В.А. Исследование устойчивости надрабатываемого дренажного штрека при приближении очистного забоя для условия ШП «Самарская» / В.В. Фомичев, В.А. Соцков // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013 – №43 – С.11 – 18.

6. Соцков В.А. Определение и анализ изменения допустимых показателей напряженно-деформированного состояния элементов рамно-анкерной крепи монтажного штрека при подходе очистного забоя / В.В. Фомичев., В.А. Соцков, А.В. Малыхин // Науковий вісник НГУ – 2014. – № 1. – С. 22 – 26. (Входит до наукометричної бази Scopus)

7. Соцков В.А. Исследование модели изменения состояния дренажного штрека в условиях надработки в шахтах Западного Донбасса / В.В. Фомичев, В.А. Соцков / Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”: Зб.наук. праць.–К.: НТУУ „КПІ”. – 2014. – Вип.24. – С. 71 – 77.

8. Соцков В.А. Особенности использования вычислительного эксперимента в упругопластической постановке для условий Западного Донбасса / В.И. Бондаренко, В.В. Фомичев, В.А. Соцков // Збірник наукових праць ДонДТУ – Алчевськ, 2014. – №42. – С. 15 – 21.

9. Соцков В.А. Определение зон повышенных напряжений, влияющих на устойчивость монтажной камеры в зоне очистных работ / Г.А. Симанович, В.В. Фомичев, В.А. Соцков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск, 2014. – Вып.114. – С. 113 – 124.

10. Соцков В.А. Определение изменения несущих характеристик элементов крепи штрека при его надработке в условиях мелкослоистого породного массива / В.В. Фомичев, В.А. Соцков, А.С. Гусев // Розробка родовищ. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – С. 399 – 407.

11. Соцков В.А. Анализ взаимодействия податливой крепи пластовых выработок для различных горно-геологических условий по результатам вычислительного эксперимента / В.В. Фомичев, В.В. Лапко, В.А. Соцков // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2014 – №45 – С.51 – 60.

12. Соцков В.А. Обоснование рационального месторасположения надрабатываемых выработок на шахтах Западного Донбасса / В.А. Вивчаренко, В.А. Соцков // Уголь Украины. – 2015 – №1-2. – С.13 – 17.

13. Sotskov V. Investigation of the rock massif stress strain state in conditions of the drainage drift overworking. / V. Sotskov, I. Saleev // Mining of mineral deposits– Netherlands: CRC Press / Balkema. – 2013.– P. 197 – 201.

14. Sotskov V. Features of using numerical experiment to analyze the stability of development workings / V. Sotskov, O. Gusev // Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining– Netherlands: CRC Press /Balkema. 2014. – P. 197 – 201.

15. Sotskov V. Analysis of stress-strain state of the cable bolts installed in the face exit while the longwall face approaches / V. Bondarenko, V. Fomichov, V.



Sotskov // Geotechnika I budownictwo specjalne 2014 – XXXVII Zimova Szkola Mechaniky Gorotworu, Wisla-Jawornik,. – Krakow: AGH, 2014. – pp. 89 – 94.

16. Sotskov V. Using spatial modeling to determine the rational parameters of workings fastening in Western Donbass conditions / V. Bondarenko, V. Sotskov // 15 Geokinematischer Tag – Freiberg, Deutschland, 2014. – pp. 301 – 305.

17. Соцков В.А. Технологический регламент крепления и охраны выемочных выработок на пологих пластах Донбасса: Научно-практическое пособие. / [Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А., Снигур В.Г. и др.] – Днепропетровск: ТОВ «ЛізуновПрес», 2013.

18. Соцков В.А. Особенности моделирования трещиноватости пород горного массива примыкающих к контуру временной выработки / В.В. Фомичев, В.А. Соцков, А.И. Скитенко //Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 3. Том 14. – Иваново: Маркова АД, 2013. – ЦИТ:313-0219. – С.3 – 8.

19. Sotskov V. Comparative analysis of the results of computer simulations in the elastic and elastic-plastic productions / V. Sotskov, Y. Cheblia // 9 міжнародний форум «Widening our horizons». – НГУ, 2014, – Т.2. – С. 84.

20. Соцков В.А. Исследование влияния надработки дренажного штрека на напряженно-деформированное состояние крепежной конструкции. / В.А. Соцков // Розробка родовищ – Днепропетровск: ТОВ «ЛізуновПрес», 2013. – С. 317 – 322.

**Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві** полягає в наступному: [1] – написання першого розділу монографії; [3-12] – обґрунтування просторових моделей та проведення обчислювальних експериментів; [13-16] – проведення порівняльного аналізу результатів натурних спостережень та обчислювальних експериментів; [17] – структурування роботи, обробка результатів досліджень; [18,19] – аналіз отриманих результатів та розробка рекомендацій. Зміст дисертації та автореферату автором викладено самостійно.

## АНОТАЦІЯ

Соцков В.О. Обґрунтування параметрів розташування та кріплення виробок, що надпрацьовуються, при веденні очисних робіт на шахтах Західного Донбасу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України, Дніпропетровськ, 2015.

Захищаються встановлені закономірності впливу очисних робіт на НДС масиву навколо виробки, що надпрацьовується, в залежності від глибини розташування виробки, положення очисного вибою, параметрів структури і механічних властивостей гірських порід, на базі яких отримано рівняння регресії для розрахунку мінімально достатньої відстані між подошвою вугільного пласта і контуром виробки, а також алгоритм вибору раціональних параметрів системи кріплення. Ці результати отримані за допомогою масиву даних різноманітних розрахунків НДС навколо виробки, що надпрацьовується, на просторових геомеханічних моделях, що враховують геологічну структуру і властивості

масиву гірських порід Західного Донбасу, дію послаблюючих масив факторів, а також реальні паспорти проведення та кріплення виробок. Всі розрахунки виконані в пружно-пластичній постановці. На підставі проведених експериментів визначено недоліки застосовуваної системи кріплення, що покладено в основу для розробки методики визначення раціональних параметрів кріплення виробок, що надпрацьовуються. Виконані дослідження дозволили розробити систему рекомендацій по надійному та мало матеріаломісткому кріпленню підготовчих виробок, що надпрацьовуються, в умовах шахт Західного Донбасу.

**Ключові слова:** виробка, що надпрацьовується, слабкі шаруваті породи, вплив очисних робіт, напружено-деформований стан, обчислювальний експеримент, система кріплення виробки.

## АННОТАЦІЯ

Соцков В.А. Обоснование параметров расположения и средств крепления надрабатываемых подготовительных выработок на шахтах Западного Донбасса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». – Государственный ВУЗ «Национальный горный университет» МОН Украины, Днепропетровск, 2015.

Защищаются установленные закономерности влияния очистных работ на НДС массива в окрестности надрабатываемой выработки в зависимости от глубины расположения выработки, положения очистного забоя, параметров структуры и механических свойств вмещающих пород, на базе которых получено уравнение регрессии для расчета минимально достаточного расстояния между почвой угольного пласта и контуром выработки, а также алгоритм выбора рациональных параметров крепежной системы. Эти результаты получены по массиву данных многовариантных расчетов НДС в окрестности надрабатываемой выработки на пространственных геомеханических моделях, учитывающих геологическую структуру и свойства углевмещающей толщи пород Западного Донбасса, действие ослабляющих породу факторов, а также реальные паспорта проведения и крепления выработок. Проанализирован характер и размеры зон опорного давления, а также установлена степень влияния очистных работ на крепление надрабатываемой выработки. Исследовано влияние обводненности массива на изменение НДС крепежной системы. Установлено, что наиболее интенсивное влияние на крепежную систему происходит при расположении очистного забоя непосредственно над выработкой. Все расчеты выполнены в упруго-пластической постановке. На основании проведенных экспериментов определены недостатки применяемой системы крепления, что положено в основу для разработки методики определения рациональных средств крепления надрабатываемых выработок. Выявлена зависимость рационального расстояния  $h$  штрека до надрабатываемого угольного пласта от глубины  $H$  размещения выработки и среднего расчетного сопротивления сжатию вмещающего массива.

Выполненные исследования позволили разработать систему рекомендаций по надежному и маломатериалоемкому поддержанию надрабатываемых подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса. Основные положения и результаты использованы при разработке методики определения рациональных параметров расположения и средств крепления надрабатываемых выработок в тонкослоистом массиве слабых пород, которая позволяет выработать технические решения по обеспечению надлежащих эксплуатационных параметров выработок для шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

**Ключевые слова:** надрабатываемая выработка, слабые слоистые породы, влияние очистных работ, напряжение, вычислительный эксперимент, прогноз, эксплуатационное состояние.

## ANNOTATION

Sotskov V.A. Justification of location and fastening parameters of the overworking roadways while extraction works conducting in the mines of Western Donbass. – On the manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.15.02 - Underground mining of mineral deposits. - State Higher Educational Institution «National Mining University" The Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipropetrovs'k, 2015.

Defended established patterns of extraction works influence on the stress strain state of massif in the vicinity of overworking roadway depending on the depth of the works, face position, parameters of the structure and mechanical properties of the host rocks. Regression equation for calculation of the minimum sufficient distance between the soil and the coal seam contour generation were obtained, as well as the algorithm of choice of rational parameters of the fastening system. These results were obtained on the dataset of multiple calculations of stress strain state of massif in the vicinity of overworking roadway. Spatial geomechanical models were used taking into account the geological structure and properties of Western Donbass rock massif, the effect of weakening factors as well as real workings support. All calculations are made in elastic-plastic formulation. On the basis of the experiments identified shortcomings of the fastening system that forms the basis for the roadway of rational methods for determining the rational parameters of overworking roadways support. This research allowed to develop recommendation system for reliable and low-cost support of overworking roadways in Western Donbass mines.

**Keywords:** overworking roadway, weak layered rocks, influence of extracting works, stress strain state, numerical experiment, roadway support.

Соцков Вадим Олександрович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ ТА КРІПЛЕННЯ  
ВИРОБОК, ЩО НАДПРАЦЬОВУЮТЬСЯ, ПРИ ВЕДЕННІ ОЧИСНИХ  
РОБІТ НА ШАХТАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

(Автореферат)

Підп. до друку 28.05.2015. Формат 60×90/16  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

49027, м. Дніпропетровськ, просп. К.

19

Маркса, 19