

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**СІДЄЛЬНИКОВ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ**



УДК 622.831.312

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ВІДПРАЦЮВАННЯ ВІЙМКОВИХ СТОВПІВ НА ОСНОВІ  
ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ СТІЙКОСТІ  
ШАРУВАТОГО ВУГЛЕВМІСНОГО МАСИВУ**

Спеціальність 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2010

## **Дисертацією є рукопис**

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

### **Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор, професор кафедри підземної розробки родовищ Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

**ВЛАСОВ  
Сергій  
Федорович**

### **Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу гірничої аерогазодинаміки Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ)

**ПЕРЕПЕЛИЦЯ  
Валентин  
Григорович**

кандидат технічних наук, директор дирекції з перспективного розвитку ВАТ "Павлоградвугілля" (м. Павлоград)

**ЧЕРВАТЮК  
Віктор  
Григорович**

Захист відбудеться "26" листопада 2010 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий "25" жовтня 2010 р.

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



В.І. Тимошук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Рівень соціально-економічного розвитку кожної країни визначається кількістю виробленої електроенергії. Основою паливно-енергетичного комплексу України є вугільна промисловість і тому, від ефективності роботи цієї галузі безпосередньо залежать темпи і стійкість розвитку економіки держави в цілому. На теперішній час передові технології видобутку корисної копалини ґрунтуються на розробці та впровадженні ефективних технологічних схем і застосуванні високопродуктивної гірничодобувної техніки. Це припускає збільшення загальної довжини діючих очисних вибоїв, при зменшенні кількості працюючих лав, мінімізацію витрат часу на здійснення одного циклу з видобутку корисної копалини і повне використання ресурсу очисного устаткування. Проте інтенсифікація технології видобутку вугілля визначила широке коло гірничотехнічних завдань, пов'язаних з негативними проявами гірського тиску в очисних вибоях і підготовчих виробках, які у свою чергу істотно знижують видобуток вугілля, збільшують собівартість і значно підвищують рівень аварійності на виробництві. Більшість існуючих методик визначення параметрів відпрацювання виїмкових стовпів виявляються неефективними, а часто і неприйнятними в умовах впровадження сучасних технологій і високопродуктивної техніки, яке до того ж відбувається в гірничо-геологічних умовах, що постійно ускладнюються. Така ситуація зумовлює необхідність розробки досконаліших методик, спрямованих на обґрунтування раціональних технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів. Ці методики повинні ґрунтуватися на побудові чітких розрахункових схем і фундаментальних знаннях про геомеханічні процеси, що відбуваються в масиві гірських порід. Таким чином обґрунтування технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів на основі результатів моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки, розташованої в шаруватому трансверсально-ізотропному масиві гірських порід, є важливим і актуальним завданням для вугільної промисловості України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертація виконана в рамках Національних енергетичних програм "Українське вугілля" і "Енергетична стратегія України на період до 2030 року" та згідно з держбюджетною тематикою ГП-412 № держреєстрації 0108U000542, в якій автор брав безпосередню участь.

**Метою роботи** є обґрунтування технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів на основі результатів моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки з урахуванням впливу всієї товщі шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід, силових характеристик кріплення очисної та підготовчої виробок.

Здійснення поставленої мети досягається шляхом комплексного вирішення наступних основних завдань:

- виконати аналіз сучасних уявлень і ступеня вивченості впливу геомеханічних процесів в гірському масиві на параметри технології очисних робіт;

- обґрунтувати параметри просторової комп'ютерної моделі геомеханічних процесів, що відбуваються в масиві гірських порід навколо очисних виробок;
- розробити методику моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки з урахуванням впливу всієї товщі шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід, силових характеристик кріплення очисної та підготовчої виробок;
- встановити закономірності формування напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисних виробок;
- обґрунтувати методики визначення технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа з урахуванням геомеханічних процесів в гірському масиві.

**Ідея роботи** полягає у використанні закономірностей зміни напружено-деформованого стану шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід для обґрунтування раціональних технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа.

**Об'єкт досліджень** – геомеханічні процеси в системі, що містить шаруватий трансверсально-ізотропний масив гірських порід і кріплення очисних та підготовчих виробок.

**Предмет досліджень** – вплив закономірностей зміни напружено-деформованого стану масиву гірських порід на технологічні параметри відпрацювання виїмкового стовпа.

**Методи досліджень.** У роботі використані методи: комп'ютерного моделювання, що базується на чисельному математичному методі скінченних елементів (МСЕ); теоретичних досліджень, що ґрунтуються на механіці суцільних середовищ, включаючи механіку гірських порід, теорію пружності анізотропного тіла і закони опору матеріалів; вирішення обернених (інверсних) задач теорії пружності; шахтних експериментальних досліджень.

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

1. Розподіл конвергенції гірських порід на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення описується рівнянням четвертого ступеня з коефіцієнтами, що визначаються параметром періодичності прояву гірського тиску, який змінюється від 0 до 4 у зоні, віддаленій від розрізної печі більш як 75 м, при кроці періодичності обвалення порід покрівлі 45 – 55 м на висоту 60 – 65 вийманих потужностей. Урахування цих закономірностей дозволяє визначити запас податливості гідростояків механізованого кріплення за довжиною лави залежно від величини відходу очисного вибою від розрізної печі.
2. Вертикальна складова напруження за довжиною виїмкового стовпа, за межами кінцевих 10-метрових ділянок лави, визначається сумою геостатичного і додаткового напружень, в якій останній доданок змінюється за експоненціальним законом з показником згасання експоненти 0,15 і визначається параметром періодичності прояву гірського тиску в очисному вибої. Ця закономірність дає можливість оцінити напружений стан гірських порід і пласта, що розробляється, попереду очисного вибою і розрахувати раціональну швидкість подачі виїмкової машини за чинником стійкості гірських порід у привибійному просторі лави.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Вперше обґрунтована просторова комп'ютерна геомеханічна модель виїмкової ділянки з покрововим переміщенням очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа, з урахуванням впливу всієї товщі шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід, силових характеристик кріплення очисної і підготовчої виробок, що дає можливість наблизити модель до реальних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов і підвищити точність розрахунків параметрів НДС до 30 – 40%.
2. Подальший розвиток отримали уявлення про закономірності формування напружено-деформованого стану в масиві гірських порід навколо очисної виробки з урахуванням періодичності прояву гірського тиску, а саме:
  - уточнено крок і послідовність обвалення гірських порід покрівлі у виробленій простір;
  - визначено геометричні параметри області граничного стану гірського масиву навколо очисної виробки залежно від положення лави за довжиною виїмкового стовпа і межа, вище за яку відбувається плавний прогин шарів гірських порід без порушення суцільності;
  - визначена зона сумісного впливу очисної та підготовчої виробок і встановлена закономірність розподілу напружень в цій зоні;
  - встановлено залежності зміни конвергенції гірських порід у підготовчій виробці як попереду очисного вибою, так і після проходження лави.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується: коректною постановкою і вирішенням задач з використанням фундаментальних положень теорії пружності анізотропного тіла, теоретичної механіки, фізики твердого тіла, опору матеріалів, методу скінченних елементів і кореляційно-дисперсного аналізу; задовільною збіжністю (не нижче 80%) результатів, отриманих при моделюванні, з результатами натурних шахтних експериментів.

**Наукове значення** полягає у встановленні закономірностей розподілу конвергенції гірських порід на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення і вертикальної складової напруження за довжиною виїмкового стовпа з використанням просторового комп'ютерного моделювання для умов шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід з урахуванням силових параметрів кріплення очисної і підготовчої виробок, що дає можливість обґрунтувати раціональні технологічні параметри відпрацювання виїмкових стовпів і підвищити ефективність ведення очисних робіт.

### **Практичне значення отриманих результатів:**

- обґрунтована методика визначення раціональної швидкості подачі виїмкової машини за чинником стійкості привибійного простору лави, що дозволяє прогнозувати поведінку і контролювати стан виїманого пласта і порід покрівлі в процесі видобутку корисної копалини;
- обґрунтована методика визначення максимально можливої довжини лави в конкретних гірничо-геологічних умовах для заданого типу механізованого комплексу за чинником конвергенції гірських порід за довжиною лави, що

дає можливість більш раціонально використовувати технічні можливості гірничодобувного устаткування;

- визначено раціональне місце запланованої зупинки очисного вибою уздовж виїмкового стовпа, що дозволить уникнути аварійних ситуацій в лаві, пов'язаних з посадкою секцій механізованого кріплення на жорстку основу.

**Реалізація результатів досліджень.** Рекомендації з визначення раціональних технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа передано для використання при складанні проектної документації у ВАТ "Павлоградвугілля" шахта "Самарська", ДП "Донбасантрацит" "шахта "Княгининська" і ДП "Дирекція з реструктуризації шахтного фонду "шахта "Постниковська - 2".

**Особистий внесок автора.** Автором самостійно сформульовані мета і завдання досліджень, ідея роботи, її основні наукові положення, висновків і рекомендації, програма проведення натурних експериментів і комп'ютерного моделювання, вибрані методи теоретичних і шахтних досліджень. Автор брав безпосередню участь у виконанні теоретичних і експериментальних робіт, розробці методик і нормативно-технічної документації з впровадження результатів досліджень у виробництво.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи докладалися на міжнародних наукових конференціях: "Проблеми недропользования" (Росія, Санкт-Петербург, 2008, 2010); "Школа підземної розробки" (Ялта, 2009 – 2010); "Геотехнічна механіка" (Дніпропетровськ, ІГТМ НАН України, 2009).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 7 наукових робіт, з них 4 – у спеціалізованих фахових виданнях і 3 – у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел із 162 найменувань на 16 сторінках і 3 додатків на 15 сторінках. Основний текст містить 144 машинописних сторінок, 61 рисунок, 20 таблиць; загальний обсяг дисертаційної роботи – 187 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета та задачі досліджень, наведені наукові положення, що виносяться на захист, наукове та практичне значення роботи, а також дані щодо апробації і публікації досліджень.

**Перший розділ.** На сучасному етапі розвитку технології очисних робіт збільшення видобутку вугілля здійснюється в основному за рахунок використання високопродуктивної гірничодобувної техніки і впровадження у виробництво високоефективних технологічних схем. Перехід на прогресивніші технології повинен супроводжуватися обґрунтуванням технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів з детальним урахуванням геомеханічних процесів, що тривають у гірському масиві під час видобутку корисної копалини. Це переконливо показано в роботах таких відомих вчених, як: В.І. Бондаренко, О.О. Борисов, В.І. Бузило, А.Ф. Булат, С.Ф. Власов, О.М. Дінник, М.П. Збор-

щик, А.І. Зільберман, М.А. Іофіс, І.А. Кияшко, І.А. Ковалевська, О.В. Колоколов, Г.М. Кузнецов, О.М. Кузьменко, В.Ю. Куклін, Я.Е. Некрасовський, В.Г. Перепелиця, М.М. Протодьяконов, К.В. Руппенейт, О.В. Савостьянов, І.О. Садовенко, О.О. Сдвіжкова, С.І. Скипочка, В.Д. Слесарєв, Б.М. Усаченко, Ю.М. Халимендик, П.М. Цимбаревич, В.Г. Черватюк, М.С. Четверик, О.М. Шашенко, О. Якобі. Та все ж використання відомих розробок не дозволяє здійснити комплексний підхід до обґрунтування параметрів технології відпрацювання виїмкових стовпів з урахуванням шаруватості, потужності, анізотропії, деформаційних і міцнісних властивостей гірських порід, послідовності та кута залягання пластів, типу застосованого очисного устаткування та періодичності прояву гірського тиску. Все це не дає можливість з достатньою точністю прогнозувати закономірності прояву гірського тиску в очисному вибої (величину конвергенції і розподіл напружень), а отже, знижує ефективність видобутку корисної копалини.

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

**Другий розділ** присвячений обґрунтуванню методики дослідження, математичного апарату, засобів автоматизації процесу обчислення і параметрів просторової комп'ютерної моделі виїмкової ділянки, за допомогою якої досліджуються закономірності розподілу НДС навколо очисної виробки. Обґрунтовано застосування методу скінченних елементів (МСЕ), як найбільш відповідного розв'язанню поставлених просторових задач, що забезпечує високу точність розрахунку й ясне фізичне трактування процесів, що відбуваються. Для автоматизації процесу обчислення з використанням МСЕ прийнятий програмний комплекс Solidworks 2009, який дозволяє змодельовати масив гірських порід, враховуючи його структурні особливості, фізико-механічні властивості і різні граничні умови. Виходячи з урахування всієї області впливу очисної виробки, виконане обґрунтування геометричних параметрів просторової моделі виїмкової ділянки. У запропонованій моделі гірський масив моделювався трансверсально-ізотропними шарами, які характеризуються п'ятьма пружними константами. У зв'язку з цим в моделі враховані реальні фізико-механічні властивості гірських порід, які характерні для гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу, з урахуванням анізотропії міцнісних і деформаційних властивостей в площині нашарування і в площині їй перпендикулярної. З метою врахування впливу кріплення очисної та підготовчої виробок на закономірності розподілу НДС навколо лави здійснено введення в принципovu розрахункову схему їх силових і геометричних характеристик, що дозволяє урахувати не тільки гірничо-геологічні, але й гірничотехнічні особливості ведення очисних робіт. Урахування тріщинуватості гірських порід провадиться за допомогою використання коефіцієнта структурного ослаблення масиву, який приймається за даними геологічної розвідки або залежно від міцності гірських порід. Для підтвердження достовірності отриманих результатів моделювання були виконані шахтні натурні вимірювання закономірності розподілу конвергенції гірських порід за довжиною лави залежно від величини відходу очисного вибою від розрізної печі.

У **третьому розділі** наведено результати моделювання у вигляді закономірностей розподілу напружено-деформованого стану гірських порід навколо очисної виробки для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов відпрацювання 874-ї лави на ш. "Західно-Донбаська" ВАТ "Павлоградвугілля". З метою максимально можливого наближення запропонованої просторової моделі до реальних умов і уточнення деформаційних властивостей гірського масиву проведено тестування моделі методом рішення обернених задач, що істотно підвищує практичну цінність отриманих результатів. За відомі приймалися залежності розподілу конвергенції за довжиною лави, побудовані за даними натурних досліджень. Для досліджуваної області за заданими граничними і початковими умовами знаходилися числові значення параметрів, що характеризують деформаційні властивості гірського масиву.

У ході просторового комп'ютерного моделювання встановлено механізм обвалення порід покрівлі у виробленому просторі лави залежно від положення очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа, який дозволяє визначити періодичність обвалення гірських порід покрівлі і геометричні розміри області граничного стану гірського масиву. За критерій міцності використовувалася теорія граничного напруженого стану Мора-Кулона. Для модельованих гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов, починаючи з величини відходу лави від розрізної печі  $\Delta L = 75$  м, спостерігається явно виражена періодичність обвалення гірських порід покрівлі у вироблений простір. Крок періодичності знаходиться в межах 45 – 55 м. Розвиток області граничного стану гірських порід, як у вертикальному напрямі, так і у напрямі посування очисного вибою, відбувається до величини відходу лави  $\Delta L = 90 – 100$  м від розрізної печі. Максимальна висота цієї області складає 60 – 65 м над пластом, що розробляється. При подальшому збільшенні виробленого простору зона граничного стану послідовно розповсюджується тільки у напрямі посування очисного вибою на висоту, що не перевищує 60 – 65 потужностей виїманого пласта. Вище зазначеної межі відбувається плавний прогин шарів гірських порід без порушення суцільності (рис 1).

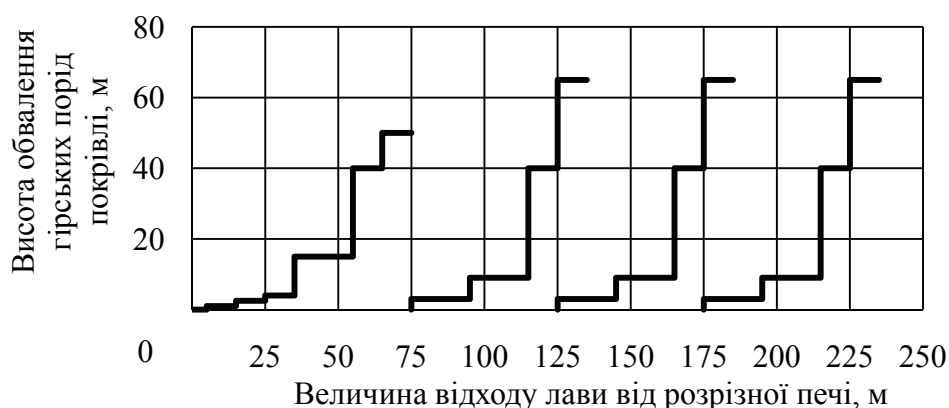


Рис. 1. Висота обвалення гірських порід покрівлі за довжиною виїмкового стовпа

Характерний розподіл зон граничного стану гірських порід залежно від величини відходу очисного вибою від розрізної печі наведено на рис. 2.



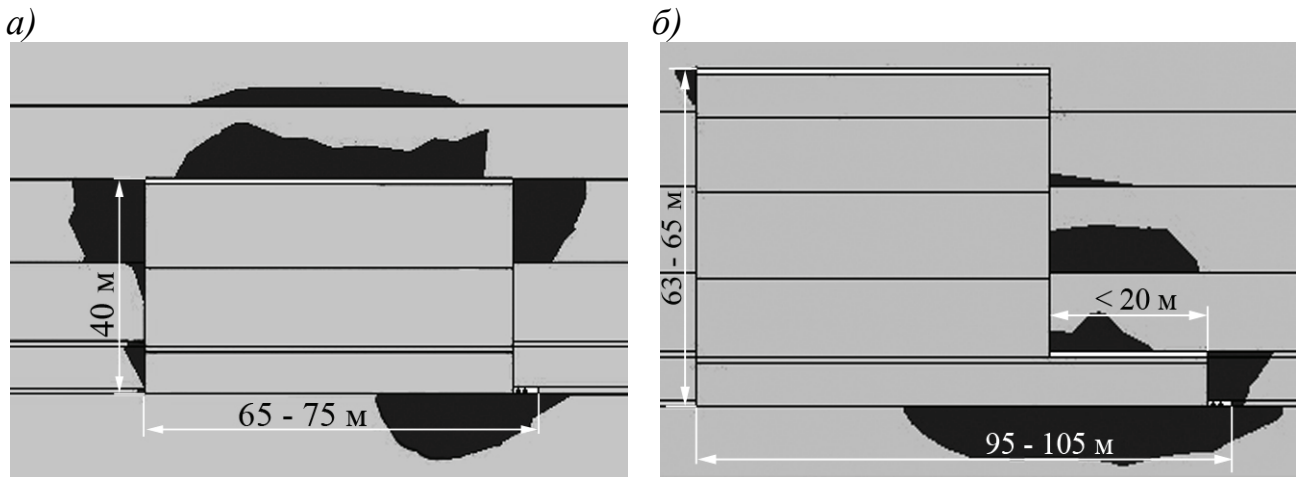


Рис. 2. Розподіл зон граничного стану гірських порід при відході лави від розрізної печі  $\Delta L = 65 - 75$  м (а) і  $\Delta L = 95 - 105$  м (б):

- область дії дограничних напружень;
- область граничного стану

У безпосередньому взаємозв'язку зі встановленим механізмом формування зон граничного стану знаходиться конвергенція гірських порід у лаві. Величина конвергенції на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення є важливим параметром, який дозволяє визначити запас податливості гідростояків і оцінити ступінь небезпеки посадки секцій на жорстку основу. Для опису розподілу конвергенції за довжиною лави залежно від величини відходу очисного вибою від розрізної печі були використані рівняння четвертого порядку

$$f(z) = aZ^4 + bZ^2 + C, \quad (1)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $C$  – емпіричні коефіцієнти, які залежать від положення лави за довжиною виїмкового стовпа.

До величини відходу очисного вибою від розрізної печі  $\Delta L = 65 - 75$  м періодичність прояву гірського тиску в очисному вибої не спостерігається (рис. 3). Починаючи з  $\Delta L = 75$  м (рис. 4), має місце явно виражена періодичність, тому для визначення значення конвергенції гірських порід для довільної величини відходу очисного вибою від розрізної печі запропоновано визначати параметр  $S$ , який характеризує положення лави в межах одного кроку періодичності, не залежно від положення очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа (рис. 5).

Групуючи закономірності розподілу конвергенції за якісними і кількісними характеристиками, в межах середньої довжини періодичності було виявлено п'ять характерних положень. Виходячи з вищевикладеного, цей параметр повинен задовольняти наступній нерівності:

$$4 \geq S = \frac{\Delta L - 75 - 50n}{10} \geq 0, \quad (2)$$

де  $\Delta L$  – величина відходу лави від розрізної печі, м,  $L \in [75; L_{cm}]$ ;  $n$  – довільний множник, який підбирається за умови, щоб нерівність (2) виконувалася,  $n = 0, 1, 2, \dots, N$ ;  $L_{cm}$  – довжина виїмкового стовпа; 75 – величина відходу лави від розрізної печі, з якої починається поява періодичності, м; 50 – середня довжина періодичності, м.

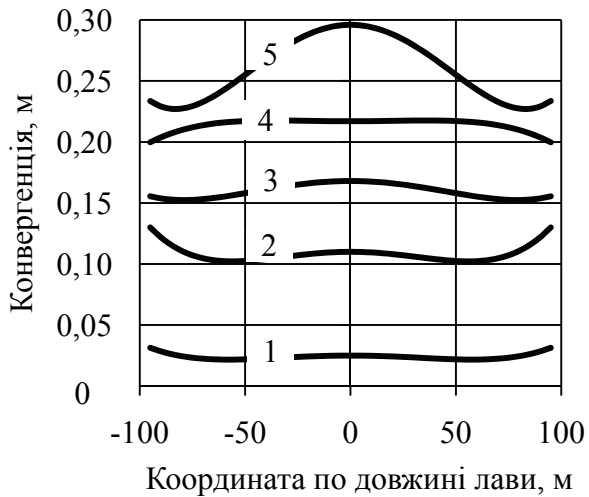


Рис. 3. Розподіл конвергенції за довжиною лави при відході від розрізної печі: 1 – 5 м; 2 – 15 м; 3 – 25 м; 4 – 35 м; 5 – 45 – 65 м.

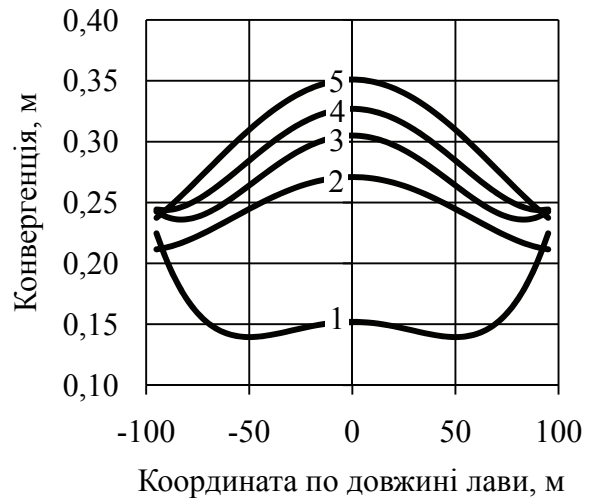


Рис. 4. Розподіл конвергенції за довжиною лави для положень: 1 –  $S = 0$ ; 2 –  $S = 1$ ; 3 –  $S = 3$ ; 4 –  $S = 4$ ; 5 –  $S = 2$ .



Рис. 5. Періодичність прояву гірського тиску за довжиною виїмкового стовпа

Встановлені закономірності зміни конвергенції гірських порід на лінії посадочного ряду стоек механізованого кріплення залежно від величини відходу очисного вибою від розрізної печі наведені на рис. 6.

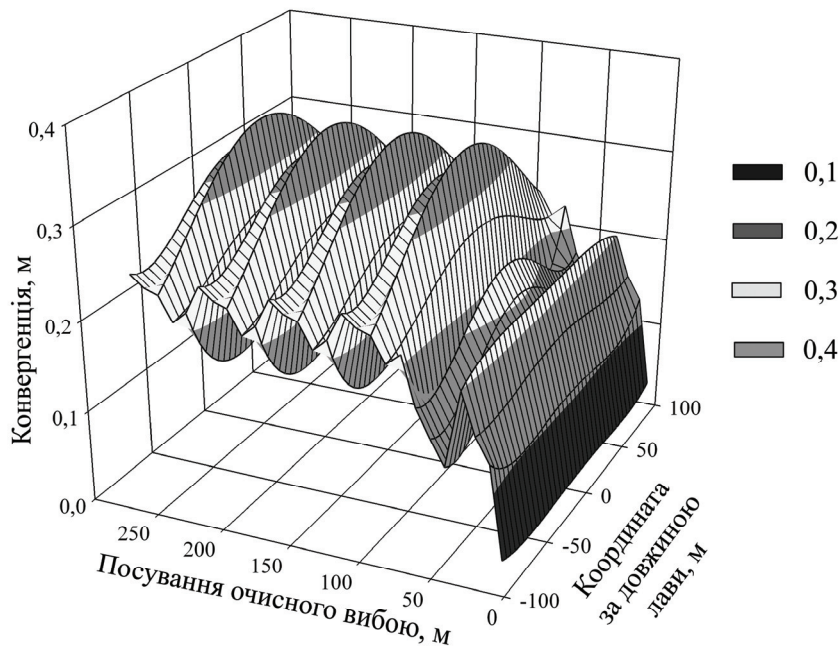


Рис. 6. Закономірність зміни конвергенції гірських порід на лінії посадочного ряду стоек механізованого кріплення за довжиною виїмкового стовпа

Не менш важливим завданням, що вирішене в роботі, є встановлення закономірностей розподілу напружень у пласті та гірських породах навколо очисної виробки. Розподіл напруженого стану гірських порід навколо очисної виробки залежить від положення лави за довжиною виїмкового стовпа і знаходиться у взаємозв'язку з періодичністю обвалення гірських порід. Це означає, що якісний і кількісний розподіл напружень в пласті, як уздовж лави, так і за довжиною виїмкового стовпа, буде змінюватися залежно від наявності і розмірів зависання гірських порід у виробленому просторі. Обробка результатів моделювання показала, що зміна вертикальної складової напруження в зоні опорного гірського тиску відбувається за експоненціальною залежністю вигляду (3) для випадку, коли в привибійній частині відсутній граничний стан і вигляду (4), коли привибійна частина знаходиться в області дії граничних напружень

$$\sigma_y = (F(Z; L) - P_0)e^{-kX} + P_0, X \in [0; L_{cm}], \quad (3)$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^{np} - P_0)e^{-k(X-X_0)} + P_0, X \in [X_0; L_{cm}]. \quad (4)$$

де  $\sigma_y$  – вертикальна складова гірського тиску, МПа;  $F(Z; L)$  – функція, що відповідає закономірності розподілу вертикальної складової гірського тиску на площині вибою за довжиною лави  $Z$  залежно від положення очисного вибою уздовж виїмкового стовпа  $L$ , МПа;  $L_{cm}$  – довжина виїмкового стовпа, м;  $P_0$  – вертикальна складова гірського тиску в незайманому масиві на даній глибині ведення очисних робіт, МПа;  $k$  – показник згасання напружень,  $m^{-1}$ ;  $X$  – відстань від площини очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа,  $X \in [0; L_{cm}]$ , значення  $X = 0$  відповідає площині очисного вибою;  $\sigma_y^{np}$  – граничне значення напруження, МПа;  $X_0$  – протяжність граничної області, яка визначається за формулою (5)

$$X_0 = \frac{1}{k} \ln \frac{F(Z; L) - P_0}{\sigma_y^{np} - P_0}, \text{ м.} \quad (5)$$

На межі переходу з області граничного стану в область дограничних напружень знаходиться максимум опорного гірського тиску попереду очисного вибою. Відповідно, відстань від площини вибою до цього максимуму визначається за формулою (5), а з формули (4) видно, що за абсолютним значенням максимум опорного гірського тиску попереду очисного вибою не може перевищувати граничного напруження, яке можливе для даного напружено-деформованого стану гірського масиву. На площині вибою, за наявності в привибійній частині вугільного масиву граничної області, вертикальна складова гірського тиску приблизно дорівнюватиме межі міцності на одноосьовий стиск вугільного пласта з урахуванням його тріщинуватості, неоднорідності та часткової зруйнованості.

Для даних гірничо-геологічних умов був побудований паспорт міцності для вугілля (пласт  $C_n^8$ ). У діапазоні напружень, які діють в горизонтальній площині в привибійній частині вугільного пласта, гранична величина вертикальної складової гірського тиску  $\sigma_y^{np}$  склала 30 – 36 МПа. Забезпечуючи 10% точність розрахунку, значення  $\sigma_y^{np}$  можна прийняти рівним 33 МПа. Тоді, згідно з формулою (5), положення максимуму опорного тиску буде змінюватися від 0

до 4,5 м від площини відслонення вглиб масиву залежно від положення очисного вибою уздовж виїмкового стовпа. Абсолютне значення максимуму складе 33 МПа, що приблизно дорівнює  $3P_0$ . Графічні залежності розподілу напружень уздовж виїмкового стовпа за всією довжиною лави за межами кінцевих 10 м ділянок наведені на рис. 7 – 10.

З рис. 7 – 10 видно, що починаючи з відмітки відходу лави від розрізної печі 35 м максимум гірського тиску практично постійно розташовується в масиві на відстані 1,2 – 4,5 м від площини очисного вибою. Виключенням є положення лави, для яких  $S = 0$ . Необхідно відзначити, що при переході в положення  $S = 0$  має місце перехідна зона завдовжки 3,5 – 4,5 м, в якій максимум з посуванням лави переміщується до площини вибою. Після проходження цієї зони розподіл напружень в пласті відповідає закономірності, наведеній на рис. 10.

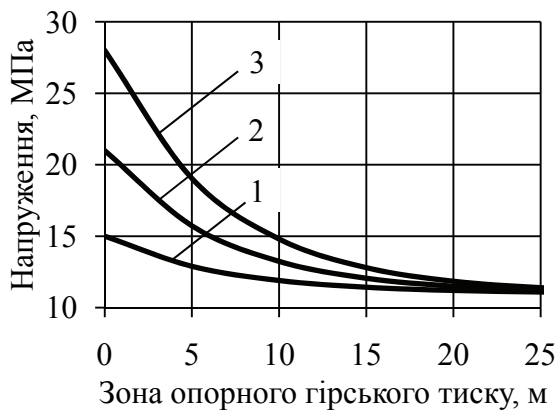


Рис. 7. Розподіл вертикальної складової гірського тиску в пласті при відході лави від розрізної печі: 1 – 5 м; 2 – 15 м; 3 – 25 м

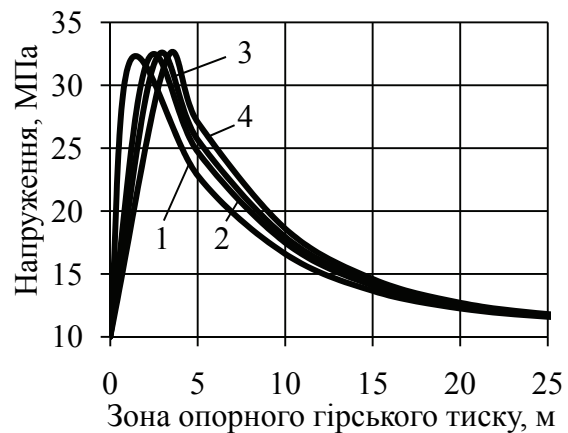


Рис. 8. Розподіл вертикальної складової гірського тиску в пласті при відході лави від розрізної печі: 1 – 35 м; 2 – 45 м; 3 – 55 м; 4 – 65 м

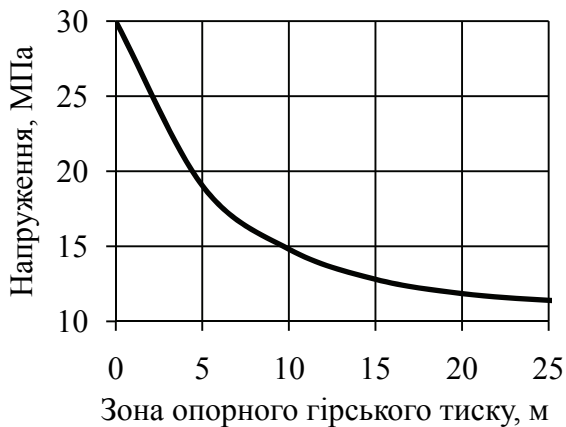


Рис. 9. Розподіл вертикальної складової гірського тиску в пласті при  $S = 0$

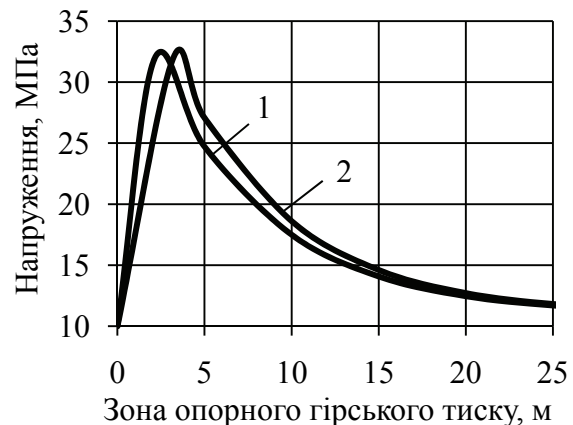


Рис. 10. Розподіл вертикальної складової гірського тиску в пласті для положень: 1 –  $S = 1$ ; 2 –  $S = 2 - 4$ .

У проміжках за довжиною лави  $Z \in [-95; -85]$  та  $(+85; +95]$ , тобто на відстані до 10 м від виїмкових штреків у пласті спостерігається інший розподіл напружень. Для величини відходу лави до  $\Delta L = 15 - 25$  м від розрізної печі верти-

кальна складова гірського тиску на площині вибою змінюється від 11,0 до 19,0 МПа. Починаючи з величини відходу  $\Delta L = 25 - 35$  м тиск в площині вибою практично не залежить від положення лави уздовж виїмкового стовпа і складає  $24,0 \text{ МПа} \pm 10\%$ .

Винятком є положення вибою, для яких параметр  $S = 0$ . Для таких випадків тиск на площині вибою складає  $18,0 \text{ МПа} \pm 10\%$  (рис. 11). Як видно з рис. 12, на відстані 6 – 8 м від лінії очисного вибою углиб масиву на кінцевих 10-метрових ділянках лави спостерігається зона розвантаження, в якій вертикальна складова гірського тиску знаходиться в межах  $0,7 - 0,75P_0$ .



Рис. 11. Розподіл напружень на кінцевих 10-метрових ділянках лави: 1 – відхід лави до 15 м; 2 – для положень лави  $S = 0$ ; 3 – відхід лави більше 25 м

Протяжність цієї зони дорівнює 60 – 65 м. Це явище пояснюється сумісним впливом очисної та підготовчої виробок на кінцеві ділянки пласта.

Результати, отримані в ході моделювання, підтверджуються натурними дослідженнями розподілу напружено-деформованого стану гірських порід навколо очисних виробок. Це означає, що застосована модель адекватно і з достатньою для практичного застосування точністю описує всі процеси перерозподілу напружень, які відбуваються в масиві гірських порід під час видобутку корисної копалини.

У **четвертому розділі** на підставі отриманих закономірностей наведено обґрунтування раціональних технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа і розроблені рекомендації, які дозволяють уникнути аварійних ситуацій в лаві і забезпечити високий коефіцієнт виймання і використання очисного устаткування.

Результати комп'ютерного моделювання і натурних досліджень показують, що конвергенція гірських порід в очисному вибої описується залежністю (1), яка має локальний екстремум (максимум) в точці  $z = 0$ , тобто в середині лави. Це означає, що за певної довжини лави у відповідному положенні очисного вибою уздовж виїмкового стовпа можливий випадок, коли конвергенція гірсь-

ких порід на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення буде більше допустимої податливості гідрофікованих стояків. У цьому випадку відбувається посадка кріплення на жорстку основу, що робить неможливим пересування секцій механізованого кріплення і є аварійною ситуацією.

Визначення раціональної довжини лави в даних гірничо-геологічних умовах для прийнятого очисного устаткування необхідно проводити методом складання комп'ютерної моделі виїмкової ділянки з подальшим вирішенням серії прямих задач до моменту виявлення чіткої періодичності у формуванні зон граничного стану гірських порід навколо очисної виробки. Далі, в межах встановленої періодичності за формулою (1), визначається максимальна конвергенція гірських порід на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення (найбільш вірогідне місце посадки секції на жорстку основу). Порівнюючи отримані результати з допустимою за технічними характеристиками прийнятого кріплення податливістю, робиться висновок про можливість прийняття модельованої довжини лави як проектної. Рішення такої багатофакторної задачі в просторовій постановці з урахуванням комплексного впливу силових параметрів кріплення очисних і підготовчих виробок, зміни фізико-механічних властивостей гірських порід в площині нашарування і в площині їй перпендикулярної, геометричних параметрів зон граничного стану навколо очисного вибою, механізму формування області обвалення, починаючи від вийманого пласта, до висоти плавного прогину гірських порід без порушення суцільності і т.п., можливо тільки з використанням чисельних математичних методів. Враховуючи похибку обчислень чисельного методу (МСЕ), що використовується, і діапазон зміни фізико-механічних властивостей гірських порід в межах виїмкової ділянки, результати моделювання необхідно розглядати в довірчому інтервалі не менше 15%.

Виходячи зі встановлених закономірностей розподілу напружень навколо очисної виробки обґрунтована методика визначення раціональної швидкості подачі виїмкової машини за чинником стійкості гірських порід у привибійному просторі лави, яка дозволяє прогнозувати, а в деяких випадках, і контролювати віджимання вугілля і втрату стійкості порід покрівлі безпосередньо в площині очисного вибою. Розрахунок раціональної швидкості подачі виїмкової машини проводиться з урахуванням швидкості навантаження привибійної частини гірського масиву, зміни міцності гірських порід у часі та явища релаксації напружень. Для забезпечення безаварійної роботи очисного вибою необхідно, щоб величини напружень, що діють у вугільному пласті та в безпосередній покрівлі за всією довжиною лави, в межах ширини захвату виконавчого органу виїмкової машини, були менші або дорівнювали міцності даних гірських порід у масиві з урахуванням вказаних чинників. У загальному випадку умова стійкості привибійного простору матиме вигляд

$$[\sigma_{np}^{экв}(v)] \geq \sigma^{экв}(v), \quad (6)$$

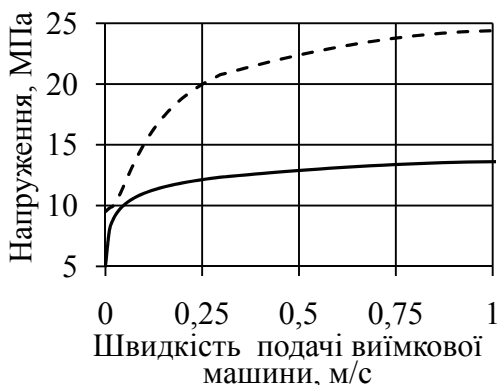
де  $[\sigma_{np}^{экв}(v)]$  – еквівалентна межа міцності гірської породи як функція, залежна від швидкості подачі виїмкової машини, МПа;  $\sigma^{экв}(v)$  – еквівалентне напруження, що діє в привибійній частині лави як функція швидкості подачі виїмкової

машини, МПа;  $v$  – швидкість подачі виїмкової машини, м/с.

У ході вирішення нерівності (6) відносно  $v$  визначається раціональна швидкість подачі виїмкової машини за чинником стійкості привибійного простору. Слід зазначити, що рішення (6) не може бути отримано в явно вираженій символічній формі, а тільки із застосуванням графічного методу або за допомогою математичних програмних пакетів типу Mathcad, Matlab та ін.

Аналіз отриманих рішень показує, що для виїманого пласта напруження, що діють в площині вибою, на всій числовій прямій не перевищують граничних (рис. 12 а). Це означає, що при будь-якій швидкості подачі виїмкової машини в привибійній частині вугільного пласта не відбудеться втрати стійкості. Отримані результати рішення підтверджуються досвідом відпрацювання 874-ї лави на шахті "Західно-Донбаська", в якій за весь термін експлуатації не спостерігалось віджимання вугілля і втрати стійкості привибійної частини пласта, що відпрацьовується. Для порід покрівлі, яка складена алевролітами, в інтервалі зміни швидкості подачі виїмкової машини від 0,015 до 0,067 м/с напруження, що діють в площині вибою, на 7 – 10% перевищують гранично допустимі, що дає можливість прогнозувати, при вказаних швидкостях подачі, втрату стійкості порід покрівлі (рис. 12 б).

а)



б)

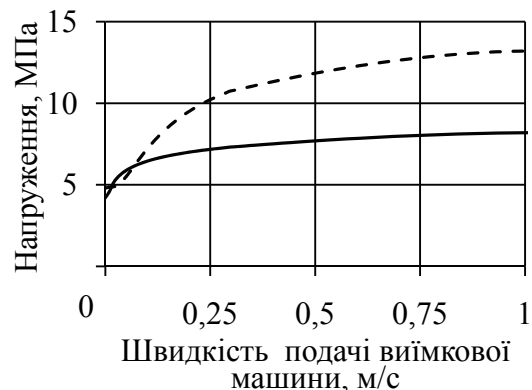


Рис. 12. Графічне рішення нерівності (6) для вугільного пласта (а) і для алевроліту (б):

— — граничне напруження; — діюче напруження

Досвід відпрацювання 874-ї лави, в якій швидкість подачі комбайна складала 0,025 – 0,035 м/с (1,5 – 2,1 м/хв), показує, що практично за всією довжиною виїмкового стовпа в середині очисного вибою спостерігалися клиновидні вивали, тріщини і заколи в покрівлі пласта. Це підтверджує дію еквівалентного напруження, яке перевищує еквівалентну межу міцності гірської породи.

Встановлена періодичність прояву гірського тиску в очисному вибої дозволяє визначити раціональне місце запланованої зупинки лави за довжиною виїмкового стовпа. Причиною припинення очисних робіт можуть бути заплановані заходи щодо ремонту або заміни гірничошахтного устаткування як в межах виїмкової ділянки (заміна виїмкової машини, рихтачного постава вибійного конвеєра, стрічкових конвеєрів на штреках, масова заміна стояків механізованого кріплення тощо), так і на шахті в цілому (ремонт або переоснащення уста-

новки головного підйому, установки головного вентилятора, ГПП тощо). При плануванні вказаних заходів необхідно вибирати положення, в яких запас податливості посадочного ряду стояків механізованого кріплення максимальний. Це дозволить уникнути аварійних ситуацій у лаві, пов'язаних з посадкою секцій кріплення на жорстку основу. Враховувати періодичність виникнення максимальних значень конвергенції гірських порід в лаві так само доцільно і при визначенні місця постановки механізованого комплексу на демонтаж після завершення відпрацювання виїмкового стовпа. Правильний вибір положення лінії очисного вибою на момент припинення робіт з видобутку дасть можливість збільшити коефіцієнт витягнення вибійного устаткування з демонтажної камери та істотно підвищить безпеку ведення гірничих робіт, пов'язаних з демонтажем механізованого комплексу.

Встановлені закономірності розподілу конвергенції гірських порід в лаві залежно від положення очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа показують, що опускання покрівлі і, відповідно, величина податливості стояків механізованого кріплення в середині лави на 40 – 60% більше ніж на краях. Це означає, що за інших рівних умов знос гідроциліндрів щодо напрямку від країв до середини лави зростатиме пропорційно величині опускання стояків і в центрі на 40 – 60% перевищить знос стояків, розташованих на кінцевих ділянках механізованого комплексу.

Для забезпечення безперебійної і безаварійної роботи секцій механізованого кріплення до стояків, які знаходяться в зоні підвищеного потенційного зносу, необхідно застосовувати додаткові заходи щодо ремонту і профілактичного обслуговування, що дозволить збільшити термін безремонтної експлуатації гідроциліндрів стояків механізованого кріплення і загальну ефективність використання вибійного устаткування. Для забезпечення рівномірного зносу механізованого кріплення за довжиною лави, в деяких випадках при монтажі вибійного комплексу в нову лаву без видачі на поверхню і проведення капітального ремонту, доцільно провести розміщення секцій у зворотному порядку, тобто кріплення, яке знаходилося в середині лави, необхідно монтувати в кінцевій частині, а те, що працювало в умовах потенційно зниженого зносу, потрібно розташовувати в середній частині очисного вибою (рис. 13).

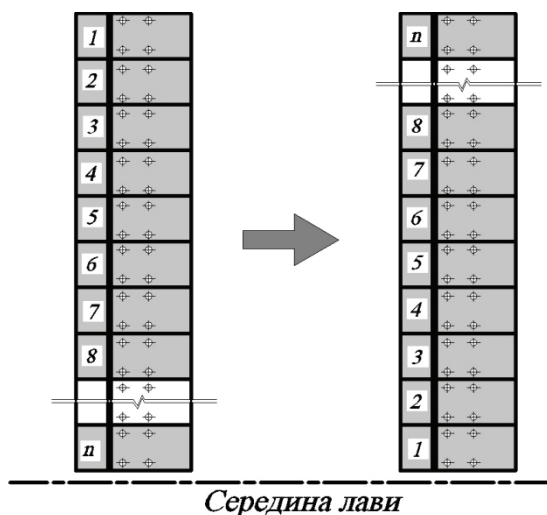


Рис. 13. Схема монтажу секцій в нову лаву



У загальному випадку, метою вказаних рекомендацій є збільшення терміну безремонтної експлуатації гідростояків механізованого кріплення і підвищення коефіцієнта використання очисного устаткування.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено актуальне наукове завдання з обґрунтування технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа з урахуванням зміни напружено-деформованого стану шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід навколо очисної виробки на основі використання просторової геомеханічної моделі, що дозволяє підвищити ефективність видобутку корисної копалини.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз методик визначення технологічних параметрів очисної виїмки показав, що на сучасному рівні розвитку гірничої науки відсутній комплексний підхід, який враховує в розрахункових схемах вплив: просторовості процесів, що відбуваються в масиві; періодичності прояву гірського тиску в очисному вибої, всієї товщі гірських порід, що вміщують вугільний пласт; шаруватості гірського масиву; анізотропії деформаційних і міцнісних властивостей гірських порід; силових параметрів кріплення підготовчої та очисної виробок.
2. Обґрунтовані геометричні параметри просторової комп'ютерної моделі шаруватого трансверсально-ізотропного гірського масиву з урахуванням фізико-механічних властивостей порід у площині ізоτροпії та нормально до неї, впливи силових характеристик кріплення очисної та підготовчої виробок.
3. Розроблена методика моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки, з урахуванням впливу всієї товщі шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід, силових характеристик кріплення очисної та підготовчої виробок.
4. Встановлені закономірності формування напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисних виробок, а саме:
  - встановлено механізм обвалення порід покрівлі у виробленому просторі лави залежно від положення очисного вибою уздовж виїмкового стовпа, який дає можливість визначити періодичність обвалення гірських порід покрівлі і геометричні розміри області граничного стану гірського масиву;
  - визначено, що залежно від положення очисного вибою уздовж виїмкового стовпа розподіл конвергенції гірських порід уздовж посадочного ряду стояків механізованого кріплення характеризується змінними коефіцієнтами  $a$ ,  $b$  і  $C$  та описується рівнянням четвертого порядку  $K = aZ^4 + bZ^2 + C$ , що дозволяє визначити запас податливості гідростояків механізованого кріплення за довжиною лави в будь-якому положенні очисного вибою уздовж виїмкового стовпа;

- встановлено, що зміна вертикальної складової напруження в розроблюваному пласті уздовж виїмкового стовпа, за межами 10-метрових кінцевих ділянок лави, описується експоненціальною залежністю вигляду  $\sigma_y = (F(z; L) - P_0)e^{-kX} + P_0$ ,  $X \in [0; L_{cm}]$  – для випадку, коли привибійна частина знаходиться в області дії допустимих напружень; і вигляду,  $\sigma_y = (\sigma_y^{np} - P_0)e^{-kX} + P_0$ ,  $X \in [\frac{1}{k} \ln \frac{F(L) - P_0}{\sigma_y^{np} - P_0}; L_{cm}]$  – коли в привибійній частині вугільного пласта має місце граничний стан вугільного масиву;
  - визначено, що на кінцевих 10-метрових ділянках очисного вибою, починаючи з відмітки відходу лави від розрізної печі 25 – 35 м, тиск в площині вибою практично не залежить від положення лави уздовж виїмкового стовпа і складає  $1,8 - 2,2 P_0$ ;
  - визначена зона сумісного впливу підготовчої та очисної виробок і встановлена закономірність розподілу напружень в цій зоні. За довжиною лави зона сумісного впливу підготовчої та очисної виробок охоплює кінцеві 10-метрові ділянки, за довжиною виїмкового стовпа ця зона розповсюджується на відстань 65 – 70 м від площини вибою;
  - встановлено, що для даних умов величина конвергенції в підготовчому штреку попереду очисного вибою описується експоненціальною залежністю  $Kg = (D + R)e^{-0,02x}$ , де  $x \in [0; L_{cm}]$ ,  $D$  і  $R$  змінні, які залежать від положення очисного вибою уздовж виїмкового стовпа.
5. Обґрунтовані методики визначення технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа з урахуванням закономірностей розподілу напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисної виробки:
- раціональної довжини лави за чинником конвергенції на лінії посадочного ряду стояків механізованого кріплення;
  - раціональної швидкості подачі виїмкової машини за чинником стійкості гірських порід в привибійному просторі лави;
  - раціонального місця запланованої зупинки очисного вибою уздовж виїмкового стовпа з урахуванням періодичності обвалення порід покрівлі, в якому запас податливості посадочного ряду стояків механізованого кріплення максимальний, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій в лаві.
6. Розроблені пропозиції раціонального використання ресурсу механізованого комплексу в лаві на основі забезпечення рівномірного зносу гідростояків механізованого кріплення.
7. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджуються достатнім обсягом шахтних експериментальних досліджень, виконаних за стандартними, апробованими методиками, задовільною збіжністю (не нижче 80%) результатів, отриманих при комп'ютерному моделюванні, з результатами натурних шахтних експериментів, позитивними результатами впровадження розробок і рекомендацій у виробництво.

### Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в роботах:

1. Власов С.Ф. Результаты объемного моделирования напряженного состояния трансверсально-изотропного массива горных пород вокруг очистной выработки / С.Ф. Власов, А.А. Сидельников // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 4. – С. 22 – 26.
2. Власов С.Ф. Результаты исследования конвергенции горных пород в лаве в зависимости от положения очистного забоя вдоль выемочного столба на объемной модели / С.Ф. Власов, А.А. Сидельников // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 3. – С. 39 – 41.
3. Власов С.Ф. Исследование механизма обрушения пород кровли на объемной модели слоистого трансверсально-изотропного массива при подвигании очистного забоя / С.Ф. Власов, А.А. Сидельников // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 2. – С. 14 – 17.
4. Сидельников А.А. Обоснование параметров объемного моделирования массива горных пород вокруг очистной и подготовительных выработок / Сидельников А.А. // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 82. – С. 77 – 85.
5. Vlasov S. Results of the 3-D simulation of the transversely isotropic rock mass stress state around a longwall / S. Vlasov, A. Sidelnikov // New techniques and technologies in mining: сб. науч. тр. / CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business A BALKEMA BOOKS. – Dnepropetrovs'k: LizunovPress Ltd, 2010. – С. 145 – 150.
6. Власов С.Ф. Объемное моделирование напряженно-деформированного состояния трансверсально-изотропного массива горных пород вокруг очистной выработки / С.Ф. Власов, А.А. Сидельников // Проблемы недропользования: сб. науч. тр. Ч.1 / СПГГИ – Санкт-Петербург, 2010. – С. 174 – 177.
7. Sidelnikov O.A. Results of the Experimental Researches of the Rock Mass Mode of Deformation in the Conditions of the Mine "Zapadnodonbaskay" / Sidelnikov O.A. // Widening Our Horizons. The 3rd International Forum for Students. – Dnipropetrovsk: NMU, 2008. – С. 182 – 185.

**Особистий внесок автора** в роботи [1 – 3, 5, 6], написані в співавторстві, полягає в проведенні комп'ютерного моделювання та аналізі отриманих результатів.

### АНОТАЦІЯ

Сідельников О.А. Обґрунтування технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів на основі просторової моделі стійкості шаруватого вуглевмісного масиву. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин. – Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, 2010.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача,

яка полягає в обґрунтуванні технологічних параметрів відпрацювання виїмкових стовпів на основі результатів моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової дільниці з урахуванням впливу всієї товщі шаруватого трансверсально-ізотропного масиву гірських порід, силових характеристик кріплення очисної та підготовчої виробок.

Аналіз результатів просторового моделювання дозволив обґрунтувати й розробити методики визначення раціональної довжини лави для конкретних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов і швидкості подачі виїмкової машини за чинником стійкості гірських порід в привибійному просторі лави. Також в роботі визначено раціональне місце запланованої зупинки очисного вибою за довжиною виїмкового стовпа, в якому запас податливості посадочного ряду стояків механізованого кріплення максимальний. Розроблені пропозиції щодо раціонального використання ресурсу механізованого комплексу в лаві на основі забезпечення рівномірного зносу гідростояків механізованого кріплення.

Достовірність отриманих залежностей, зроблених висновків та адекватність запропонованої просторової геомеханічної моделі виїмкової дільниці підтверджується досить високою збіжністю (не менше 80%) результатів натурних експериментів і комп'ютерного моделювання.

*Ключові слова:* гірський масив, напружено-деформований стан, просторове моделювання, конвергенція, довжина лави, швидкість подачі виїмкової машини, шаруватість гірських порід, трансверсально-ізотропний матеріал, граничний стан, періодичність прояву гірського тиску.

## АННОТАЦИЯ

Сидельников А.А. – Обоснование параметров отработки выемочных столбов на основе пространственного моделирования устойчивости слоистого углевмещающего массива. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. – Национальный горный университет, Днепропетровск, 2010.

Диссертация посвящена обоснованию технологических параметров отработки выемочных столбов на основе результатов моделирования пошагового перемещения очистного забоя в пространственной геомеханической модели выемочного участка с учетом влияния всей толщи слоистого трансверсально-изотропного массива горных пород, силовых характеристик крепи очистной и подготовительной выработок. Пошаговое моделирование перемещения лавы позволило получить закономерности распределения напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг очистной выработки с учетом периодичности проявления горного давления, что дает возможность прогнозировать состояние и поведение массива горных пород вокруг лавы в зависимости от величины отхода очистного забоя от разрезной печи.

Анализ результатов пространственного моделирования позволил обосновать и разработать методику определения рациональной длины лавы для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий. В основу методики

положено то, что согласно с результатами компьютерного моделирования и натурных исследований конвергенция горных пород вдоль посадочного ряда стоек механизированной крепи в зависимости от положения очистного забоя по длине выемочного столба описывается уравнением четвертого порядка вида  $K = aZ^4 + bZ^2 + C$ , которое характеризуется переменными коэффициентами  $a$ ,  $b$  и  $C$ . Это означает, что при определенной длине лавы  $Z$  в определенном положении очистного забоя по длине выемочного столба возможен случай, когда конвергенция горных пород на линии постановки посадочного ряда стоек механизированной крепи окажется больше допустимой податливости гидрофицированных стоек. В этом случае происходит посадка крепи на жёсткое основание, что делает невозможным передвижку секций механизированной крепи и является аварийной ситуацией. Поэтому для конкретно взятых горно-геологических условий и принятого типа механизированной крепи существует рациональная длина лавы, которая обеспечит безаварийную работу и максимально возможное использование технических возможностей принятого очистного оборудования.

Также обоснована методика определения рациональной скорости подачи выемочной машины по фактору устойчивости горных пород в призабойном пространстве лавы с учетом скорости нагружения призабойной части горного массива, закономерности изменения прочности горных пород во времени и явления релаксации напряжений. В предложенной методике в качестве исходных данных принимаются закономерности распределения напряжений вокруг очистной выработки, полученные в ходе пространственного компьютерного моделирования.

Учитывая периодичность обрушения пород кровли, для предупреждения возникновения аварийных ситуаций в лаве, которые, как правило, сопровождаются прекращением работы очистного забоя на длительный промежуток времени, в работе определено рациональное место запланированной остановки лавы по длине выемочного столба, в котором запас податливости посадочного ряда стоек механизированной крепи максимален, а напряжения вокруг выработок не превышают предельных. Причиной прекращения очистных работ могут быть запланированные мероприятия по ремонту или замене горношахтного оборудования как в пределах выемочного участка (замена выемочной машины, рештачного става забойного конвейера, ленточных конвейеров на штреках, массовая замена стоек механизированной крепи и др.), так и на шахте в целом (ремонт или переоснащение установки главного подъема, установки главного вентилятора, ГПП и др.). Учитывать периодичность возникновения максимальных значений конвергенции горных пород в лаве также целесообразно и при определении места постановки механизированного комплекса на демонтаж после завершения отработки выемочного столба. Правильный выбор положения линии очистного забоя на момент прекращения добычных работ позволит увеличить коэффициент извлечения забойного оборудования из демонтажной камеры и существенно повысит безопасность ведения горных работ, связанных с демонтажом механизированного комплекса.

На основании закономерностей распределения конвергенции горных пород по длине лавы разработаны предложения по увеличению срока безремонт-

ной эксплуатации секций механизированной крепи в очистном забое путем обеспечения равномерного износа гидростоек по длине лавы.

В общем случае, целью разработанных методик и рекомендаций является повышение эффективности добычи угля из длинных очистных забоев благодаря применению рациональных технологических параметров отработки выемочных столбов.

Достоверность полученных закономерностей, сделанных выводов и адекватность предложенной пространственной геомеханической модели выемочного участка подтверждается достаточно высокой сходимостью (не менее 80%) результатов натуральных экспериментов и компьютерного моделирования.

*Ключевые слова:* горный массив, напряженно-деформированное состояние, пространственное моделирование, конвергенция, длина лавы, скорость подачи выемочной машины, слоистость горных пород, трансверсально-изотропный материал, предельное состояние, периодичность проявления горного давления.

## ABSTRACT

Sidelnikov O.A. Substantiation the technological parameters of working off the extraction pillars on the basis of three-dimensional model of competence a stratified rock mass. – Manuscript.

Thesis for Candidate of Science (Engineering) degree by specialty 05.15.02 – Underground mining of mineral deposits. National Mining University, Dnipropetrovsk, 2010.

The actual theoretical and practical task which consists in the substantiation the technological parameters of working off the extraction pillars on the basis of simulation results of incremental longwall moving in the three-dimensional geomechanical model of a block taking into consideration effect of all stratified transversally-isotropic rock mass thickness, power characteristics of support in the longwall and development opening is solved in the thesis.

The analysis of three-dimensional simulation results allowed to substantiate and develop techniques of definition a rational length of a longwall for the specific technical, mining and geological conditions and cutting machine advance speed subject to the factor of rocks durability in the face space. Also in the thesis defined a rational place of the planned longwall stop along an extraction pillar in which a reserve of hydraulic strut deformation capacity is the highest possible and developed propositions to rational application of powered support resource because of hydraulic strut uniform wear along a longwall.

Reliability of the gained dependences, the made conclusions and adequacy of the offered three-dimensional geomechanical model of a block is corroborated by enough high convergence (not less than 80%) of results of the full-scale experiments and computer simulation.

*Keywords:* rock mass, stress and strain state, three-dimensional simulation, convergence, longwall length, cutting machine advance speed, stratified rocks, transversally-isotropic material, limited state, underground pressure reiteration periodicity.

**Сідельников Олександр Анатолійович**

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ВІДПРАЦЮВАННЯ ВИЇМКОВИХ СТОВПІВ НА ОСНОВІ  
ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ СТІЙКОСТІ  
ШАРУВАТОГО ВУГЛЕВІСНОГО МАСИВУ**

(Автореферат)

Підписано до друку 18.10.2010. Формат 60×90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1.1.  
Обл.-вид. арк. 1.1. Тираж 100 прим. Зам № 289

Національний гірничий університет  
49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19