

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

МАРТОВИЦЬКИЙ АРТУР ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 622. 833.5

**ГЕОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ВІДРОБЦІ ВУГІЛЬНИХ
ПЛАСТІВ СТРУГОВИМИ КОМПЛЕКСАМИ В УМОВАХ
ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

Спеціальність: 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

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

Дніпропетровськ – 2012

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Основними тенденціями стратегічного розвитку шахт Західного Донбасу, що входять до складу ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», є застосування високопродуктивної техніки при відпрацюванні вугільних пластів і проходці виробок, нових типів кріплення, а також концентрація гірничих робіт, зменшення обсягів проведених виробок на тонну видобутого вугілля, підвищення якості виробленої продукції при одночасному підвищенні рівня безпеки працюючих та зниженні негативного навантаження на навколишнє середовище.

Зростання інтенсивності відпрацювання вугільних запасів в умовах слабометаморфізованих вміщуючих порід, міцність яких є нерідко нижчою за міцність вугілля, наявність геомеханічних порушень і обводнення призводять до того, що прояви гірського тиску набувають нового характеру. Посилюються випадки вивалоутворення в покрівлі виробок, збільшилась швидкість і зросла величина здимання порід подошви. Застосування такої високопродуктивної техніки, як стругові установки, в умовах малопотужних пластів шахт Західного Донбасу, вимагає розробки нових технічних рішень у процесі монтажу - демонтажу устаткування та внесення нових елементів у технологічні схеми відпрацювання вугільних пластів.

Такі рішення не мають достатнього геомеханічного обґрунтування як в існуючих гірничо-технологічних умовах, так і з боку врахування інтенсивного впливу потужної механізованої техніки та технології.

Таким чином, управління стійкістю підземних виробок на основі геомеханічних закономірностей деформування вуглепородного масиву в умовах інтенсивного відпрацювання вугільних пластів на шахтах Західного Донбасу є актуальною науково-технічною проблемою, що має важливе народногосподарське значення.

За якості базове підприємство для виконання експериментальних робіт прийнята Виробничий структурний підрозділ (ВСП) «Шахта Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Робота виконана у відповідності з програмами науково-дослідницьких робіт Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет», яка пов'язана з держбюджетними роботами ГП-388 «Теоретичні основи моделювання напружено деформованого стану породного масиву навколо виробок на основі сполучених чисельних методів (№ держреєстрації 0104U000780), ГП-379 «Закономірності зміни напружено-деформованого стану породного масиву з плоскими дефектами навколо капітальних виробок (№ держреєстрації 0106U001386) та ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобування вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541).

Мета досліджень полягає у встановленні закономірностей реалізації геомеханічних процесів в породному масиві навколо підготовчих і очисних виробок та обґрунтуванні їх параметрів при інтенсивному відпрацюванні

вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих порід шахт Західного Донбасу.

Основна ідея роботи полягає в урахуванні перманентної зміни напружено-деформованого стану породного масиву при переміщенні очисного вибою для адаптації технології відпрацювання вугільних пластів струговими комплексами і їх демонтажу в попередньо проведеній камері.

Об'єктом досліджень є напружено-деформований стан складноструктурного породного масиву, що вміщує комплекс виробок стругової лави.

Предметом досліджень є параметри геомеханічної системи «вибій лави – породний масив – камери монтажу та демонтажу», конфігурація якої змінюється в міру відпрацювання виїмкового стовпу.

Для досягнення поставленої мети в дисертації вирішені такі **основні задачі досліджень**:

- аналіз інформації в області геомеханічних проявів гірського тиску в підземних виробках;
- аналіз інформації в області застосування стругових установок, їх монтажу і демонтажу;
- дослідження напружено-деформованого стану вміщуючих порід при русі стругової лави від монтажної камери і оцінка величини прольоту при первинному обваленні порід основної покрівлі;
- дослідження напружено-деформованого стану вміщуючих порід при відпрацюванні вугільного пласта струговою установкою і оцінка величини і характеру розподілу опорного тиску попереду очисного вибою;
- дослідження напружено-деформованого стану породного масиву навколо демонтажної камери;
- дослідження напружено-деформованого стану породного масиву при підході вибою лави до демонтажної камери;
- оцінка параметрів кріплення і форми виробки, що забезпечують стійкість демонтажної камери;
- виконання комплексу натурних вимірювань у виробках;
- економічна оцінка запропонованих інженерних заходів.

Методи досліджень. Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, що полягає в аналізі та узагальненні джерел інформації за темою дисертації, у використанні методів натурних вимірювань, математичного (чисельного) моделювання геомеханічних процесів, теорії ймовірностей та математичної статистики, оцінки економічної ефективності.

Основні наукові положення, що захищаються в дисертації:

1. Величина первинного обвалення порід основної покрівлі для гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу прямо пропорційна середньозваженої межі міцності на одноосьовий стиск порід покрівлі з урахуванням їх структури та обводнення і змінюється в ступеневій залежності від глибини залягання вугільного пласта, що дозволяє прогнозувати момент обвалення та вжити відповідні заходи безпеки.

2. Вертикальна складова поля напружень навколо стругової лави є функцією координат точки в тривимірному просторі, при цьому ширина зони опорного тиску змінюється за довжиною лави за експоненціальною залежністю, що дозволяє обґрунтовано приймати інженерні рішення з підсилення кріплення демонтажної камери при впливі очисних робіт.

3. Зони руйнування навколо сполучення лави та попередньо спорудженої камери демонтажу істотно залежать від форми поперечного перерізу камери і є мінімальними при арковому або напіварковому обрисах поперечного перерізу, що дозволяє максимальною мірою забезпечити стійкість виробки.

4. Переміщення в покрівлі демонтажної камери і навантаження на кріплення збільшуються в міру наближення вибою лави за ступеневим законом, при цьому істотний їх приріст відбувається при ширині цілика вугілля, яка дорівнює 10 м, що дозволяє своєчасно вживати заходів безпеки по відношенню до працюючих.

5. Максимальні переміщення в демонтажній камері напіваркової форми, як найбільш технологічної та стійкої, нелінійно залежать від числа встановлених елементів кріплення і стабілізуються при їх кількості, яка дорівнює 6-8, що дозволяє обґрунтовано проектувати виробки з достатнім рівнем надійності.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. На основі фізичної моделі, адаптованої до умов вуглевміщуючих порід Західного Донбасу, поставлена і вирішена задача про величину первинного обвалення порід основної покрівлі, що дозволяє підвищити безпеку очисних робіт, яка відрізняється від відомих тим, що в ній враховані геомеханічні параметри умов розробки, ступінь обводнення і порушеності породного масиву.

2. Вперше для гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу розроблена просторова модель вибою стругової лави, що дозволяє оцінити величину опорного тиску і його розподіл вздовж вибою, дає можливість на цій основі виконувати розрахунок параметрів кріплення підготовчих виробок, а також приймати інженерні рішення для забезпечення стійкості демонтажної камери.

3. Для умов стругової виїмки вугільних пластів в гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу вперше виконано чисельне моделювання процесу наближення лави до демонтажних камер з різною формою поперечного перерізу, що дозволило оцінити динаміку геомеханічних процесів і виконати прогноз зміщень контуру виробок.

4. Встановлено закономірності деформування породного масиву навколо демонтажної камери з різною формою поперечного перерізу в момент її сполучення з лінією вибою стругової лави, що дозволило на цій основі визначити найбільш раціональну форму виробки, конструкцію та параметри комбінованого кріплення.

Обґрунтування і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням апробованих методів і методик математичного моделювання складноструктурного породного середовища, що

вміщує підземні виробки, плануванням шахтних експериментів, задовільним збігом результатів натурних вимірів і чисельного моделювання деформацій породного масиву (розбіжність не перевищує 15 %), впровадженням рекомендацій у проекти спорудження демонтажних камер.

Наукове значення роботи полягає у встановленні геомеханічних закономірностей зміни напружено-деформованого стану складно-структурного породного масиву навколо динамічної системи «вибій лави - породний масив – камери монтажу та демонтажу».

Практичне значення роботи полягає:

- у визначенні перетину первинного обвалення порід основної покрівлі;
- в геомеханічному обґрунтуванні форми поперечного перерізу демонтажної камери і параметрів комбінованого кріплення;
- в розробці рекомендацій щодо спорудження попередньо пройденої демонтажної камери і технології демонтажу устаткування стругової лави для гірничо-геологічних умов ПСП «Шахта Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Реалізація роботи в промисловості. Результати досліджень використані в проектах спорудження демонтажних камер в 161-й лаві горизонту 330 м і 163-ої лаві горизонту 490 м в гірничо-геологічних умовах ПСП «Шахта Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень, у розробці методик досліджень, у виконанні натурних і чисельних експериментів, розробці та впровадженні результатів досліджень в умовах ПСП «Шахта Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертацій повідомлені, обговорені та схвалені на регіональній науково-практичній школі-семінарі «Прогресивні технології будівництва, безпеки та реструктуризації гірничих підприємств» (Донецьк, Державний ВНЗ «ДонНТУ», 2006); міжнародних конференціях «Форум гірників» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2010, 2011); на міжнародному колоквиумі ім. проф. М.М. Протодьяконова (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2010); на міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційна модель екологічної системи промислового району» (Донецьк, Державний ВНЗ «ДонНТУ», 2010 р.); Школі підземної розробки (м. Дніпропетровськ, ДВНЗ «НГУ», 2011 р.); 22 World Mining Congress & Expo (Istanbul, Turkey, 2011.); XXXV Zimowej Szkoły Mechaniki górotworu i Geoinżynierii (Wisla-Jawornik, Poland, 2012).

Публікації. Основні положення дисертації викладені в 33 статтях. Зокрема 2 монографії, 20 статей опубліковані в спеціалізованих виданнях, 13 статей опубліковані у матеріалах конференцій та отримані 3 патенти України. 3 статі написані особисто.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літературних джерел з 267 найменувань та 6 додатків. Робота викладена на 252 сторінках машинописного тексту, містить 211 рисунок, 26 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 392 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТ

Публічне акціонерне товариство «ДТЕК Павлоградвугілля» має в своєму складі 10 діючих шахт проектною потужністю 12,510 мільйонів тонн вугілля на рік. Фактичний же видобуток вугілля в 2011 році склав 15,4 млн. тонн. Промислові запаси станом на 01.01.2012 року становлять 671,1 мільйона тонн. Пласти мають витримане залягання, їх переважна потужність складає 0,55-0,95 м, глибина залягання до 900 м. Відмінною особливістю родовища є наявність міцного і в'язкого вугілля з міцністю за шкалою М.М. Протодьяконова $f = 1,0-3,5$ і слабких, схильних до розмокання, вміщуючих порід. Умови розробки вугільних пластів належать до складних.

Існуюча на даний час технологія видобутку вугілля з відпрацюванням виїмкових стовпів довжиною до 2500 м лавами довжиною 200 - 300 м за повстанням і падінням потужними очисними комплексами КД-80, КД-90, ДГА, «Ostroj», стругами, комбайнами КА-80, КА -200, УКД 200-250, УКД 300, МВ410Е, МВ 444 забезпечує навантаження на вибій в межах 1400 тонн на добу і якість видобутого вугілля на рівні 39 %.

Подальше підвищення ефективності виробництва і зниження собівартості видобутого вугілля можливе тільки з впровадженням інноваційних технологій, які знайшли відображення в «Актуалізації стратегії ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» на період 2012-2016 рр. Серед них найважливішою стратегічною ініціативою є адаптація стругової технології до особливостей гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу. Така технологія реалізується на ПСП «Шахта Степова». В умовах 161-ї лави горизонту 330 м і 163-ої лави горизонту 490 м відбулось відпрацювання параметрів технологічних схем на основі найсучаснішого стругового обладнання, яким є стругова установка ковзного типу GH 800 з механізованим щитовим комплексом DBT 65/130 (Німеччина) і лавним конвеєром PF3/822. Довжина лави в обох випадках становить близько 300 м, довжина виїмкового стовпа близько 2500 м, виїмкова потужність пласта – 1,1 м. Очікуване навантаження на очисний вибій становить близько 3000 т/добу. Це, відповідно, третя і четверта стругові лави в Україні і перші в умовах шахт Західного Донбасу.

Застосування стругової технології виїмки вугільних пластів, як найбільш передової і безпечної, вимагає її адаптації до специфічних гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу.

Весь процес відпрацювання виїмкового стовпа при використанні стругових установок можна досить умовно розбити на чотири етапи:

- монтаж обладнання, від'їзд лави від монтажною камери і первинна посадка основної покрівлі, що супроводжується підвищеним газовиділенням;
- переміщення криволінійного вибою лави, опорний тиск від якого створює перемінне навантаження на кріплення підготовчих виробок;
- підхід лави до демонтажної камери, їх наростаючий взаємний вплив і сполучення двох виробок;
- демонтаж обладнання.

Особливістю такої технології є наявність попередньо пройденої демонтажної камери. Обґрунтування форми камери і параметрів кріплення при яких забезпечуються її стійкість і стійкість сполученої з нею очисної виробки, є складною інженерною задачею, яка вимагає нового наукового підходу.

Вирішенню проблеми досліджень напружено-деформованого стану вуглепородного масиву навколо очисних, підготовчих і капітальних виробок вугільних шахт присвячені роботи багатьох вчених і наукових колективів: ДонНТУ, ДонВУГІ, ІГТМ ім. М.С. Полякова, ІПКОН, МДГУ, НГУ, ТулДУ, УКРНІМІ. В Україні значний внесок в її вирішення внесли роботи Заславського Ю.З., Глушка В.Т., Усаченка Б.М., Зоріна А.М., Виноградова В.В., Скіпочки С.І., Паламарчук Т.А., Литвинського Г.Г., Бабіюка Г.В., Дрібана В.О., Дружка Є.Б., Дружка В.П., Зборщика М.П., Касьяна М.М., Коскова І.Г., Кошелева К.В., Назимка В.В., Новикова О.О., Парчевського Л.Я., Шашенка О.М., Петренка В.Д., Роєнка А.М., Новикової Л.В., Халимендика Ю.М., Сдвижкової О.О., Солодянкіна О.В., Круковського О.П. і багатьох інших.

Інтенсивне ведення гірничих робіт при первинній посадці припускає швидке оголення порід покрівлі у лаві на значній площі. Геомеханічні процеси, що розвиваються при цьому в породному масиві, для умов шахт Західного Донбасу вивчені недостатньо. Дослідження їх проявів виконувалися при відході 163-ї лави горизонту 490 м від монтажної камери. Їх метою було встановлення закономірностей формування критичного розміру виробленого простору та визначення прольоту первинного обвалення порід основної покрівлі.

Інструментальні вимірювання проводилися в 165-му збірному штреку на семи замірних станціях. Кожна замірна станція складалася з глибинного репера довжиною 7 м і трьох контурних реперів. Відстань між вимірними станціями становила 10 м. Таким чином, на ділянці виробки довжиною в 70 м з достатнім ступенем надійності можна було зафіксувати момент обвалення порід основної покрівлі.

На рис. 1, 2 наведені оброблені результати вимірів абсолютних величин зміщень реперів, залежно від відстані L до очисного вибою.

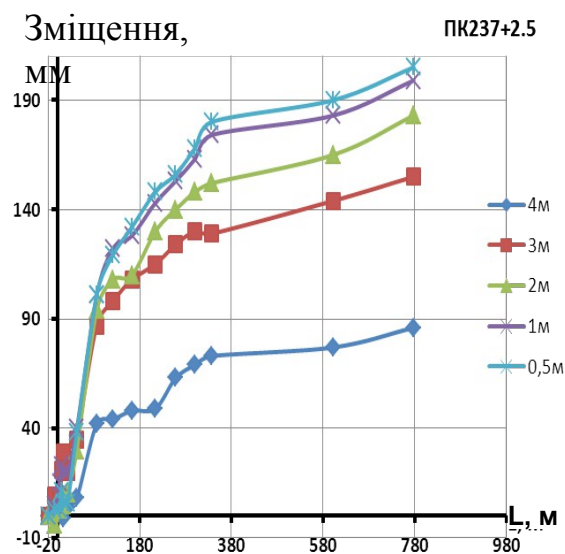


Рис. 1. Зміщення глибинного репера ПК 237+2,5 м

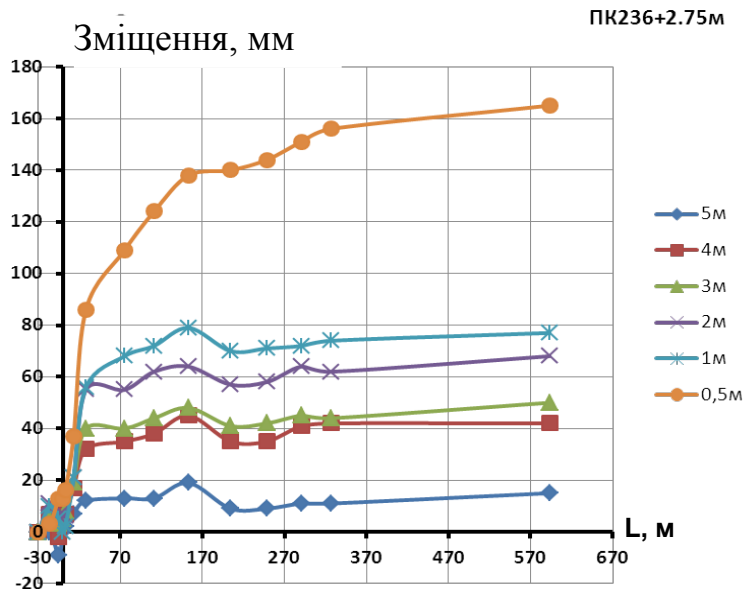


Рис. 2. Зміщення глибинного репера ПК 236+2,75 м

Детальний аналіз показав, що інтенсивний приріст зміщень почався в той момент, коли вибій лави посунувся на 32 м. Цей факт було одночасно зафіксовано на двох прилеглих станціях. Він за всіма ознаками відповідає первинному обваленню порід основної покрівлі в лаві. Це, перш за все, динамічний вплив на кріплення і підвищене газовиділення.

В роботі виконані аналітичні дослідження щодо визначення критичного розміру виробленого простору при первинному обваленні порід покрівлі. Загальна розрахункова схема наведена на рис. 3.

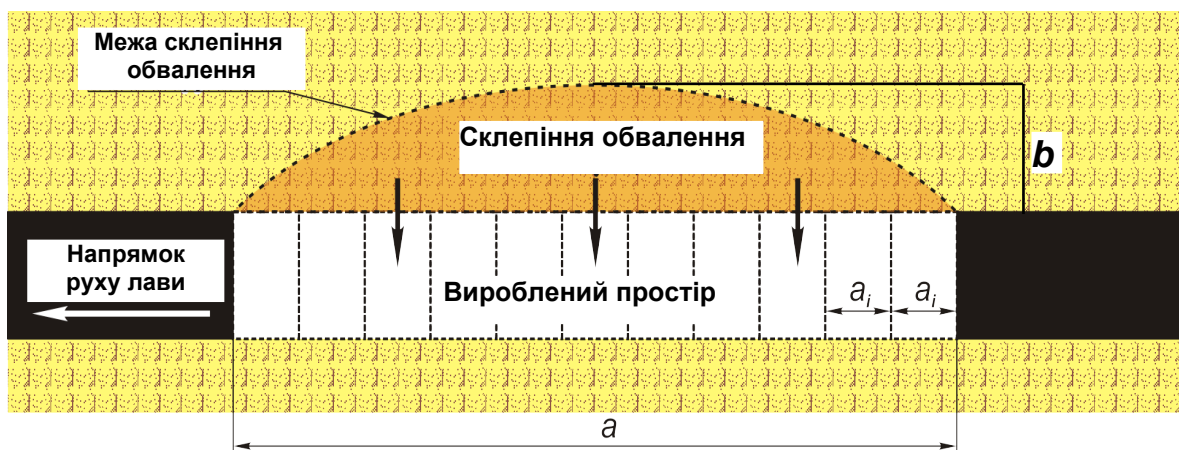


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення умов утворення склепіння обвалення

Умова відриву порід, укладених в склепінні обвалення, має такий вигляд:

$$Q \geq R_{yd} \quad (1)$$

де $Q = S \cdot \gamma_{пор}$ – вага порід склепіння, що визначається як добуток площі S поперечного перерізу склепіння та усередненої об'ємної ваги порід; $R_{yd} = \sigma_p \cdot L_o$

– утримуюча сила, яка визначається як межа міцності на одноосьовий розтяг, що враховується по всій довжині L_0 межі обвалення.

З використанням рішення відомої задачі Л.Я. Парчевського, отримані наступні формули:

$$a = \frac{R_c \cdot k_c \cdot k_a}{k(H)\gamma H}, \quad (2)$$

$$b = \frac{\sqrt{3 \cdot a}}{0,1 R_c} \quad (3)$$

для визначення величини перетину склепіння обвалення (2) і його висоти (3), де k_c - коефіцієнт структурного послаблення, k_a - коефіцієнт, що враховує зниження міцності порід за рахунок їх зволоження, $k(H)$ - емпіричний коефіцієнт. Для умов шахти ПСП «Шахта Степова»:

$$k(H) = 1,4H^{-0,66} \quad (4)$$

Для розглянутих гірничо-геологічних умов вказані величини дорівнюють, відповідно, $a = 16,6$ м і $b = 9,4$ м.

В гірничо-геологічних умовах ПСП «Шахта Степова» для прогнозу величини перетину склепіння обвалення отримана наступна емпірична залежність:

$$a = 262,0 \cdot H^{-0,4} \quad (4)$$

Це досить близько, з відхиленням 9,1 %, збігається з теоретичними результатами, що наведені вище.

Ця ж задача була вирішена із застосуванням чисельного моделювання. З цією метою використано обчислювальну програму PHASE-2 лабораторії Rock Science (Канада), що реалізує метод скінчених елементів. Розглянуто і реалізовано низку послідовних розрахункових схем, що імітують рух лави від розрізної печі. Розрахункова схема включає 14 стадій, на кожній з них лава послідовно посувається на 5 м. Після того, як лава відійшла на 20 м, імітується відшарування порід безпосередньої покрівлі потужністю 1 м. На кожній стадії оцінювалася величина напружень і деформацій в усіх точках досліджуваної області.

Для оцінки ступеня руйнування порід прийнятий критерій міцності Хоека-Брауна.

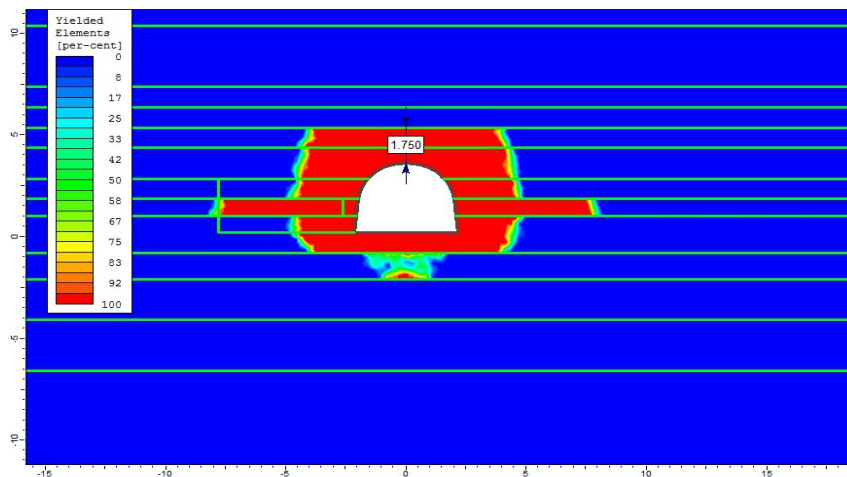
Моделювалися дві ситуації:

- наявність у покрівлі пласта монолітного міцного пісковика;
- наявність у покрівлі пласта тріщинуватого міцного пісковика.

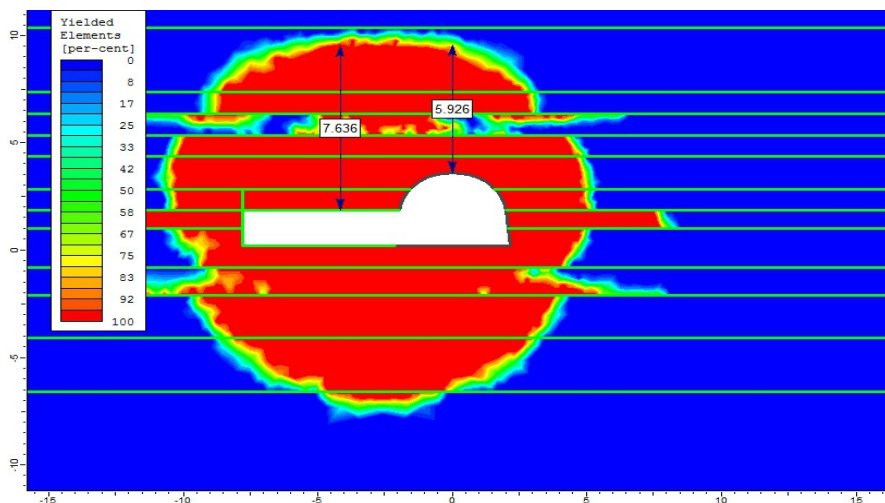
На рис. 4 показано поетапне формування зони зруйнованих порід в покрівлі лави для першої ситуації. Области, де за критерієм Хоека-Брауна породи деформуються за межею міцності, виділені білим контуром.

Аналогічне моделювання виконано і для другої ситуації. В табл. 1 и 2 виконано оцінку утримуючих сил і ваги порід у склепінні обвалення для обох випадків. З них випливає, що в першому випадку критична ширина склепіння, яка призводить до обвалення порід покрівлі складе 35 м, у другому - 25 м, що також не суперечить результатам натурних вимірювань.

а)



б)



в)

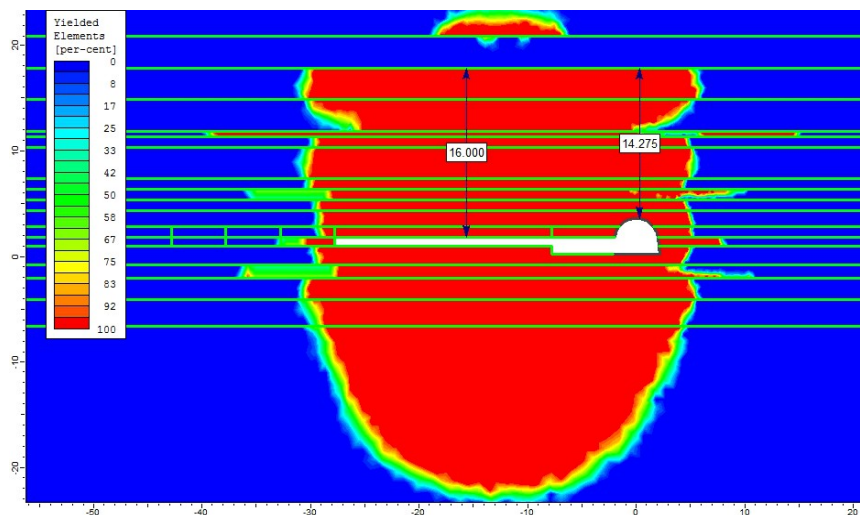


Рис. 4. Зона руйнування: а) навколо монтажної камери;
б) при проходці розрізної печі; в) при відході лави на відстань 20 м

Таблиця 1

Визначення ваги порід та сили, що утримує
(нетріщинуватий пісковик в покрівлі)

Відстань до вибою	Висота склепіння h, м	Площа зони руйнування, м ²	Вага порід, кН	Довжина дуги, м	Утримуюча сила, кН	Різниця Q-R
15	14	273	6825	43	17200	-10375
20	16	560	14000	67	26800	-12800
25	16	624	15600	71	28400	-12800
30	16	720	18000	77	30800	-12800
35	16	1420	35600	82	32800	+2800
40	33	1439,5	35987,5	88	35200	+787,5

Визначення ваги порід та сили, що утримує
(тріщинуватий пісковик в покрівлі)

Відстань до вибою	Висота склепіння h, м	Площа зони руйнування, м ²	Вага порід, кН	Довжина дуги, м	Утримуюча сила, кН	Різниця Q-R
20	27	783	19575	71	21300	-1725
25	31	961	24025	75	22500	+1525
35	37	1258	31450	86	25800	+5650

Таким чином, на основі викладених досліджень доказано, що величина первинного обвалення порід основної покрівлі прямо пропорційна середньозваженої межі міцності на одноосьовий стиск порід, з урахуванням їх структури та обводнення, і змінюється в ступеневій залежності від глибини залягання вугільного пласта, що дозволяє прогнозувати момент обвалення та вжити відповідні заходи безпеки. Це дозволяє в гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу прогнозувати момент обвалення порід основної покрівлі в лаві і вжити відповідних заходів безпеки.

Виконані дослідження лягли в основу запропонованого способу забезпечення безпеки в момент первинного обвалення порід покрівлі в лаві.

В процесі адаптації стругового комплексу було встановлено, що найбільш проблемним місцем у цій технології є процес «монтажу-демонтажу» обладнання в лаві. В цей період комплекс не працює, приносячи непрямий збиток близько 1500000 гривень на добу при існуючих цінах на вугілля. Тривалий термін монтажних-демонтажних операцій пов'язаний з конструктивними особливостями секцій механізованого кріплення, що в умовах малопотужних пластів знижує безпеку працюючих в лаві. У зв'язку з цим було прийнято рішення спорудити демонтажну камеру в кінці виїмкової ділянки з

метою скорочення тривалості кінцевих операцій. Такий досвід накопичено на шахтах Росії «Березовська», «Котинька», «Чертинська-південна» та інших, де демонтаж обладнання здійснювали за 45-48 діб. Попередньо пройдені демонтажні камери мали прямокутну форму поперечного перерізу. При цьому вміщуючі породи були істотно міцнішими, а потужність вугільних пластів більше, ніж на шахтах Західного Донбасу.

Аналіз існуючого у світі досвіду використання демонтажних камер показує, що їх попереднє спорудження поза зоною впливу очисних робіт дозволяє уникнути низки негативних факторів і підвищити безпеку працюючих у вибої людей. Досвід спорудження та нормативна база для проектування подібних камер в Західному Донбасі відсутній, тому дослідження, спрямовані на вивчення геомеханічних процесів при підході стругової лави до демонтажної камери надзвичайно актуальні.

Питання про величину опорного тиску є ключовим при розробці заходів з охорони виробок в зоні впливу очисних робіт. Від кількісних характеристик тиску, що йде попереду лави, прямо залежить інтенсивність навантаження кріплення демонтажної камери.

На першому етапі методом скінчених елементів вирішено тривимірну задачу про розподіл напружень і переміщень навколо стругової лави в момент, коли вплив демонтажної камери відсутній. Вертикальна площина симетрії проходить через середину лави. Умовні позначення на розрахунковій схемі розташування контрольних перетинів досліджуваної моделі і фізико-механічні властивості вміщуючих порід наведені на рис. 5.

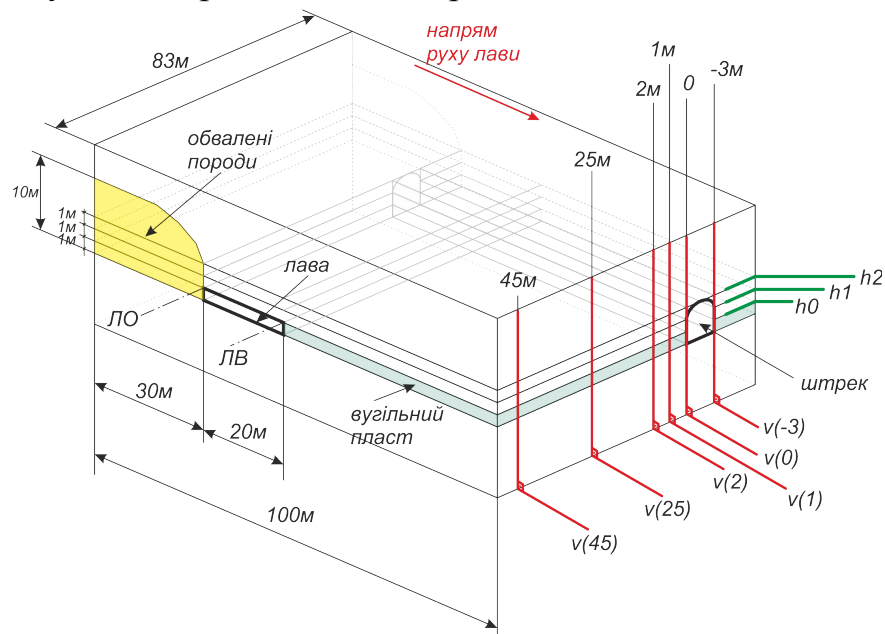
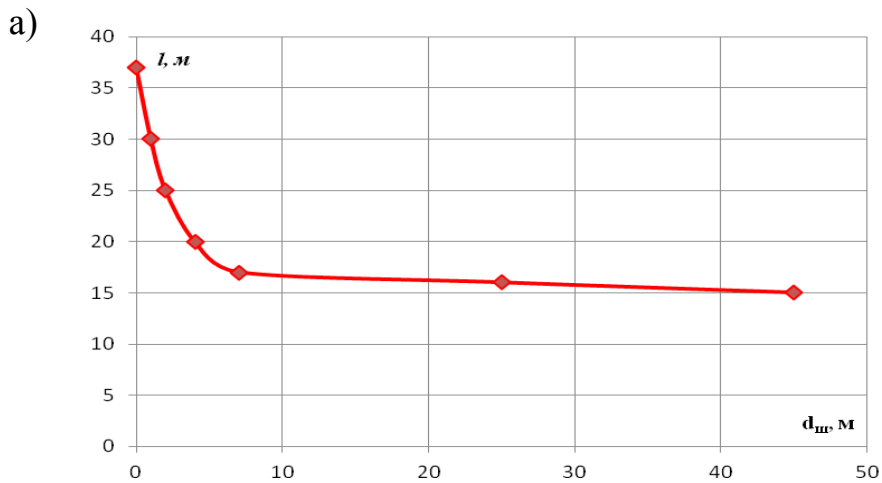


Рис. 5. Схема розташування контрольних перетинів моделі:
ЛО – лінія обвалення; ЛВ – лінія вибою

На рис. 6 показано, як розподіляється зона опорного тиску l на різних відстанях d_0 від підготовчої виробки.



б)

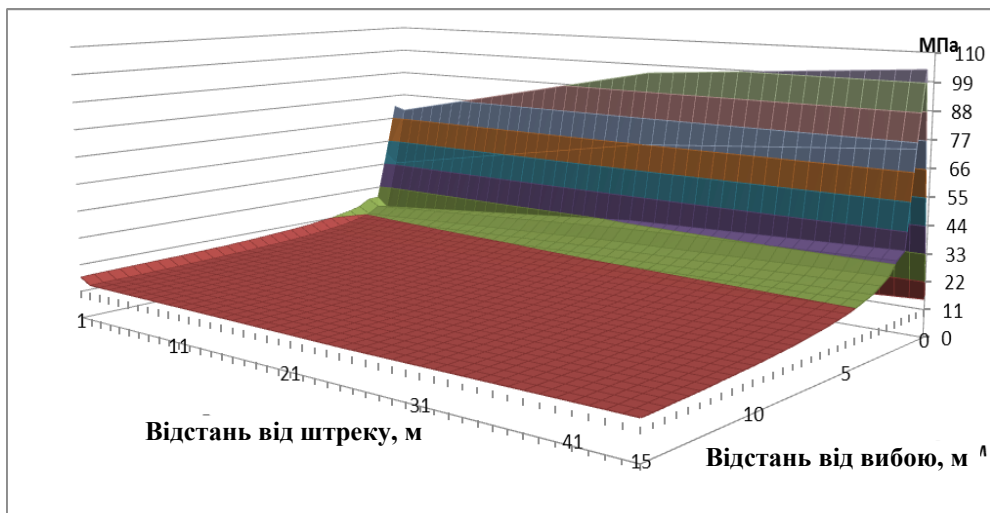


Рис. 6. Характеристики опорного тиску:

- а) довжина зони опорного тиску на різних відстанях від борту штреку;
- б) тривимірний розподіл вертикальних напружень навколо вибою

На основі виконаних досліджень доведено, що вертикальна складова поля напружень навколо стругової лави є функцією координат точки в тривимірному просторі. При цьому ширина зони опорного тиску змінюється за довжиною лави за експоненціальною залежністю, що дозволяє обґрунтовано приймати інженерні рішення з посилення кріплення демонтажної камери при впливі очисних робіт.

На наступному етапі досліджень розглядалася задача визначення динаміки геомеханічних процесів навколо демонтажної камери в міру наближення до неї хвилі опорного тиску від вибою стругової лави. Розрахунки були виконані з використанням обчислювальної програми PHASE-2 компанії RockScience. На рис. 7 наведені розрахункові схема до вирішення цієї задачі.

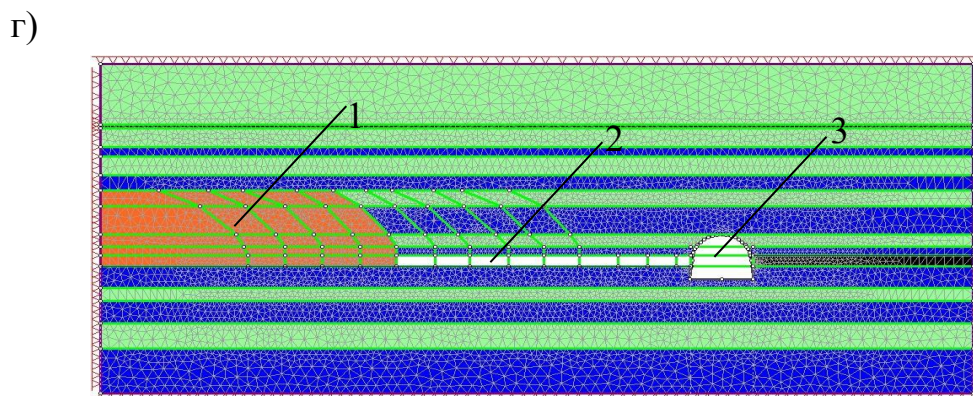
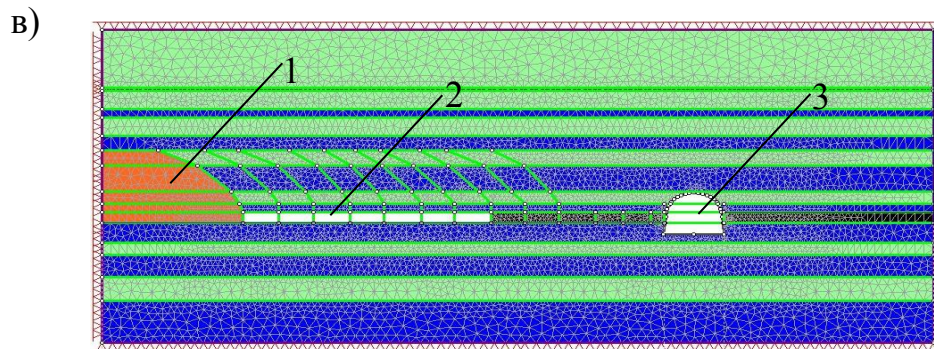
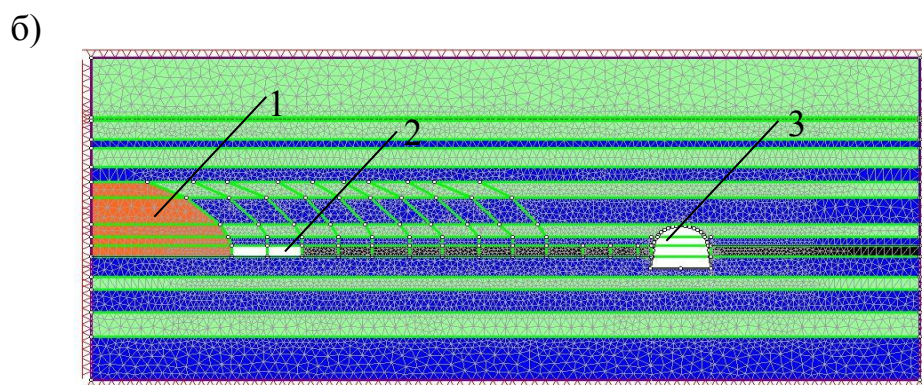
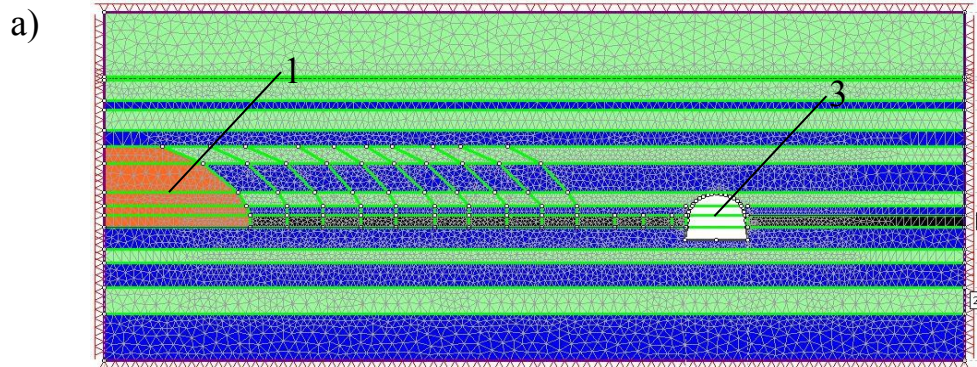


Рис. 7. Розрахункові схеми для покрокового формування НДС породного масиву при приближенні лави до демонтажної камери:

1 - зруйновані породи; 2 – вироблений простір; 3 – демонтажна камера

Вона відображає послідовне наближення стругової лави до демонтажної камери. В процесі вирішення задачі визначалися компоненти тензора напружень та переміщень в довільних точках досліджуваної області. Найбільш інформативними проявами гірського тиску, що визначає ступінь стійкості виробки є переміщення.

У зв'язку з цим на рис. 8 (а, б, в) показані ізолінії переміщень контуру демонтажної камери на відстані 0,5, 1,0, і 2,0 м від нього в міру наближення вибою лави. В результаті узагальнення результатів моделювання на рис. 8,г наведені графіки зміни максимальних переміщень залежно від відстані до вибою стругової лави і тут же нанесені результати натурних вимірювань, які досить близько збігаються з розрахунковими.

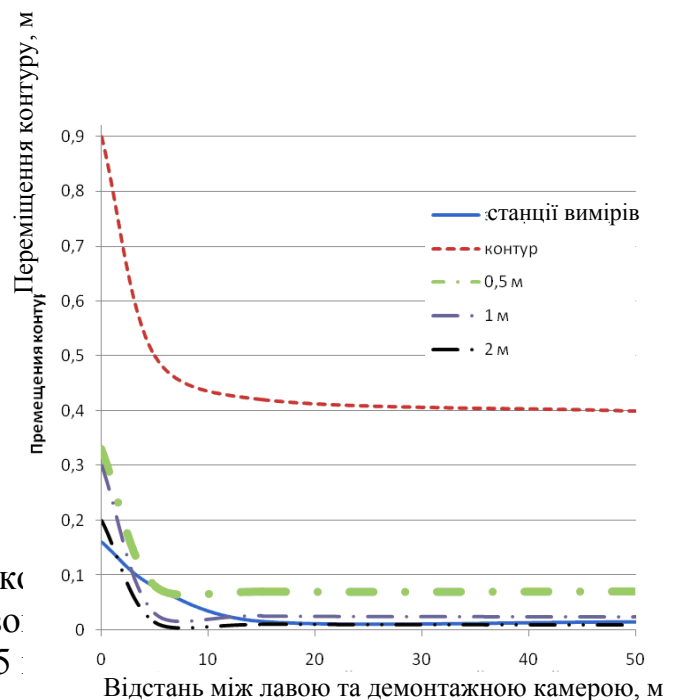
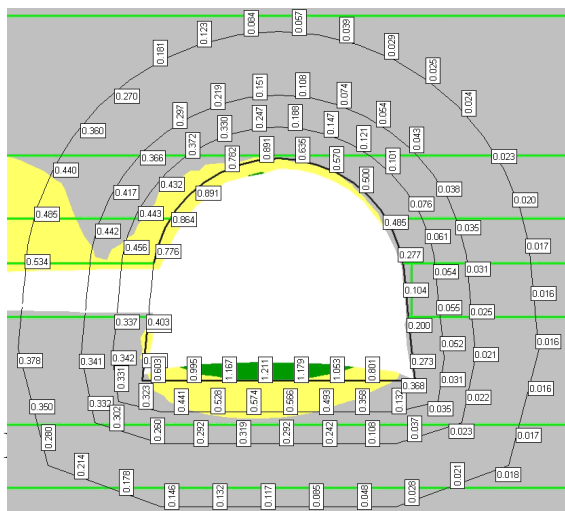
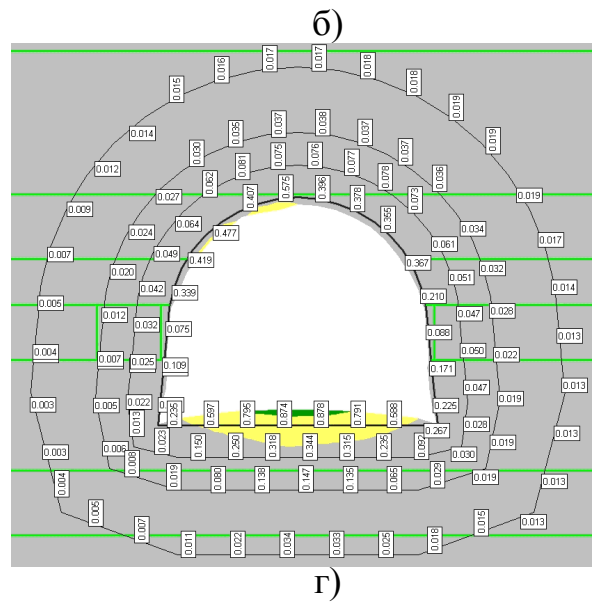
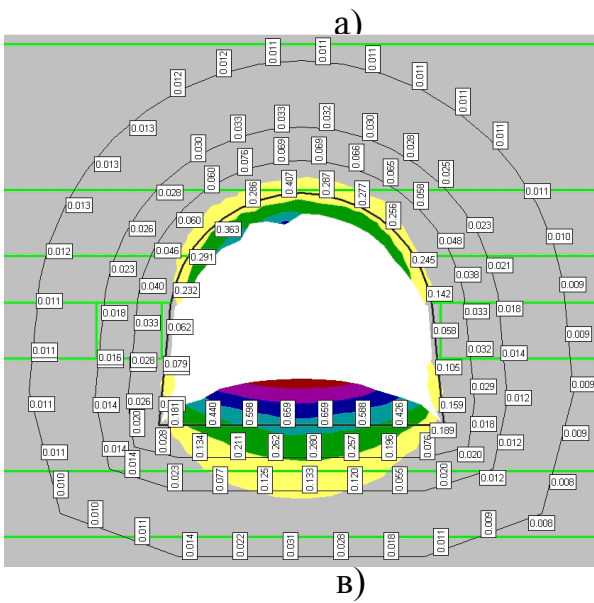
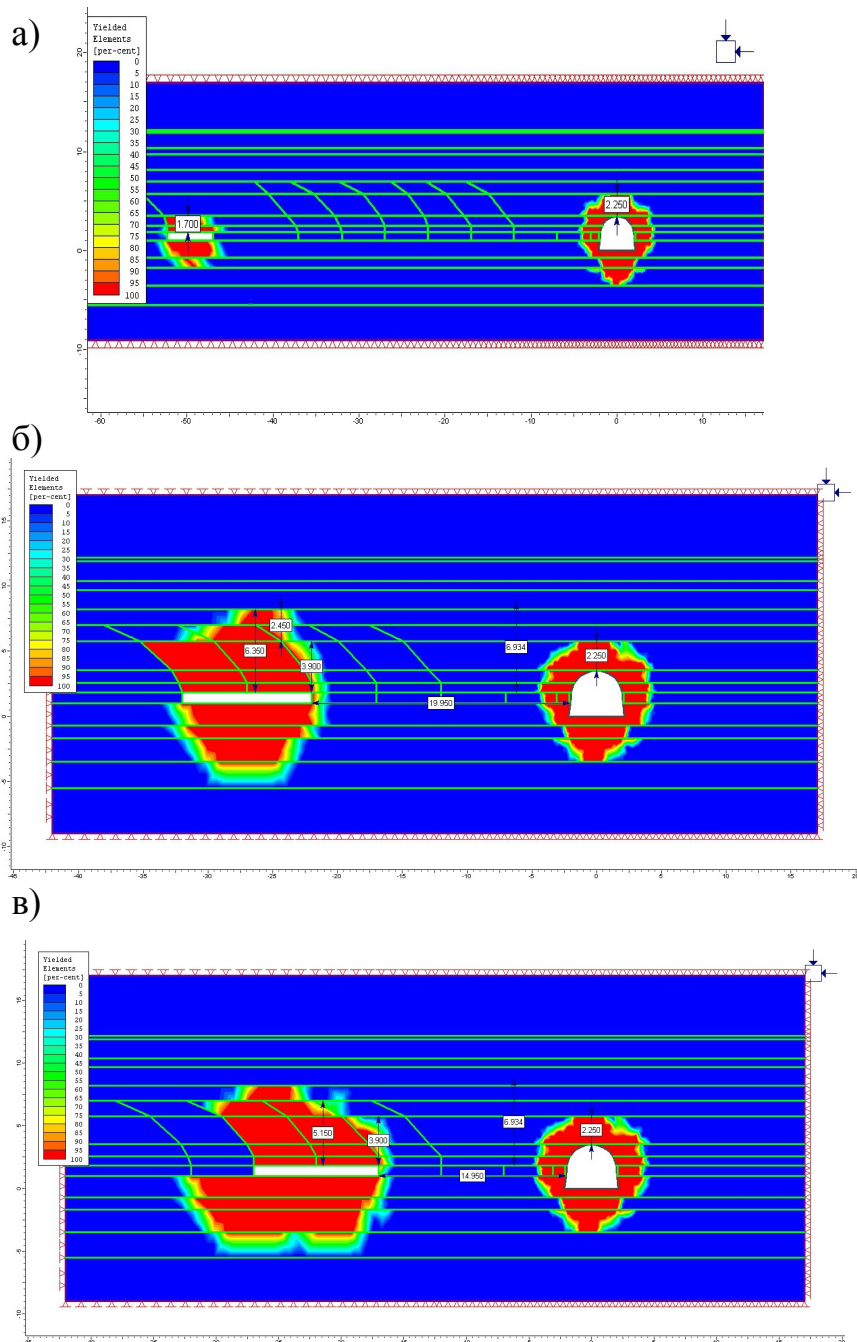


табл. 30
наближенні вибою лави на відстань 5

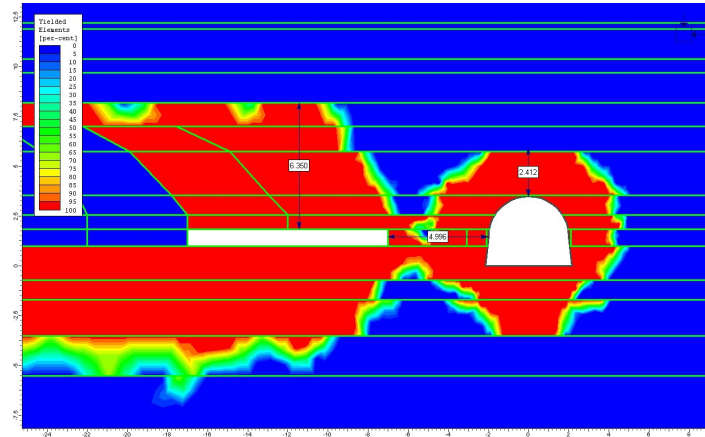
максимальні переміщення порід навколо демонтажної камери на відстані 0,5 м, 1 м і 2 м від контуру і переміщення реперів замірних станцій

Аналіз показує, що збільшення переміщень у покрівлі демонтажної камери має вигляд ступеневої функції, яка зростає в міру скорочення відстані до вибою лави. При цьому значний приріст переміщень контуру виробки спостерігається, коли вибій лави знаходиться на відстані 10-15 м від виробки.

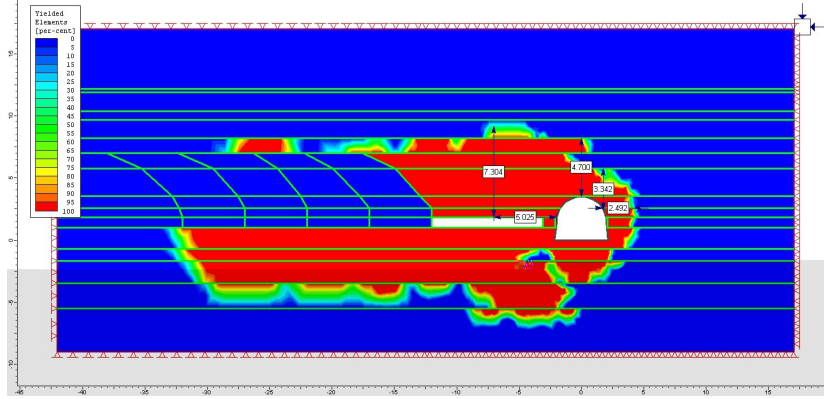
Важливим параметром при проектуванні кріплення демонтажної камери є визначення величини діючого навантаження, яке створює вага порід, укладених в межах зони руйнування. У міру наближення вибою лави зростає область зруйнованих порід і, отже, збільшується навантаження на кріплення. На рис. 9 показано, як змінюється область зруйнованих порід навколо лави та демонтажної камери в міру їх зближення. Розглядається аркова форма камери при різному розмірі виробленого простору позаду очисного вибою.



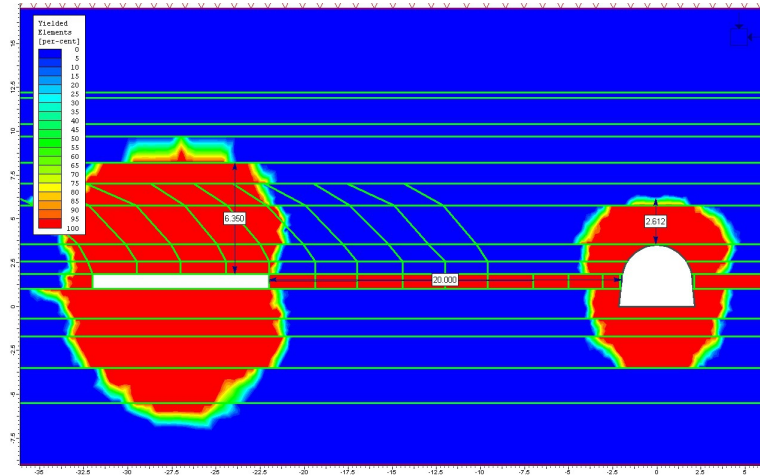
Г)



Д)



Е)



Ж)

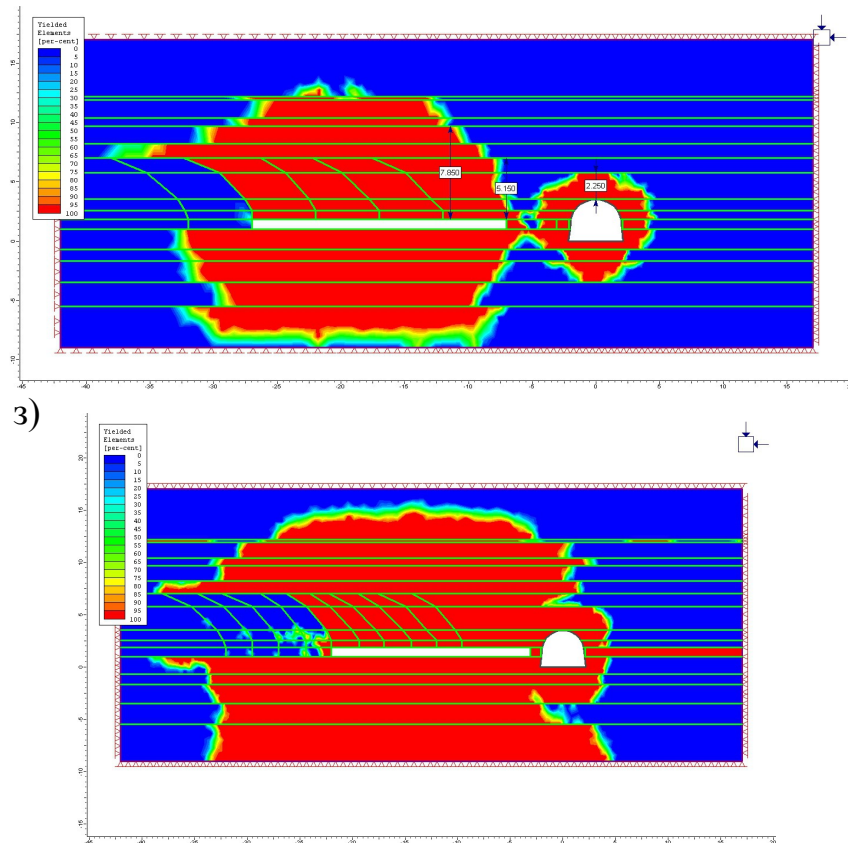


Рис. 9. Зони руйнування при наближенні лави до камери на відстань:
 а) 50 м (поза зоною впливу очисних робіт); б) 20 м (розмір виробки 10 м);
 в) 15 м (розмір виробки 10 м); г) 5 м (розмір виробки 10 м);
 д) 1 м (розмір виробки 10 м); е) 5 м (розмір виробки 20 м);
 ж) 5 м (розмір виробки 20 м); з) 1 м (розмір виробки 20 м)

На рис. 10 показана закономірність зростання навантаження на кріплення елементів системи «лава-цілик-демонтажна камера» в залежності від технологічних параметрів.

а)

навантаження на кріплення, т/м

б)

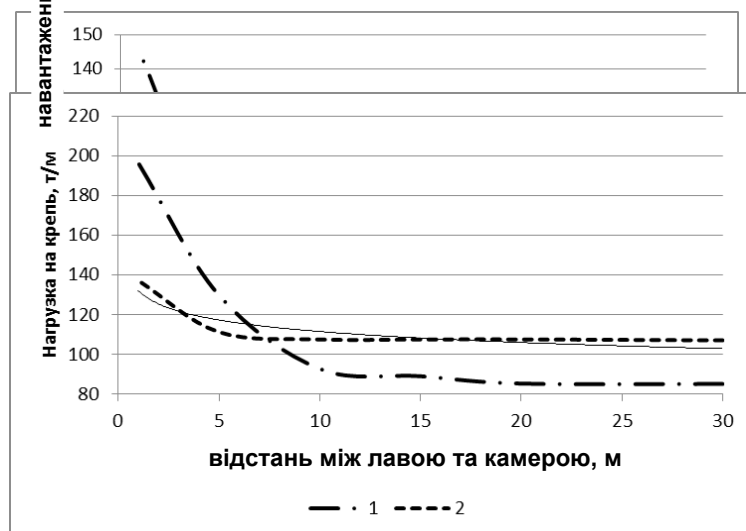


Рис. 10. Приріст навантаження на кріплення при наближенні лави до
демонтажної камери: а) розмір оголення позаду вибою 10 м;
б) розмір оголення позаду вибою 20 м

Аналіз показує, що з достовірністю $R^2=0,90$ цей графік може бути апроксимований ступеневою функцією.

Істотне збільшення навантаження очікується при наближенні лави на відстані, що дорівнює 10 - 11 м.

Результати математичного моделювання геомеханічних ситуацій навколо системи «лава-цілик-демонтажні камера» лягли в основу конструювання і розрахунку кріплення виробки. Крім того, були розроблені рекомендації щодо демонтажу устаткування 161-ї стругової лави горизонту 330 м.

Спираючись на досвід використання демонтажної камери 161-ї стругової лави горизонту 330 м, було встановлено, що аркова форма поперечного перерізу є більш стійкою, ніж прямокутна, хоча прямокутна форма більш технологічна з точки зору демонтажу устаткування. Для остаточного визначення форми поперечного перерізу демонтажної камери було виконано математичне моделювання геомеханічних ситуацій навколо виробки прямокутної, аркової, напіваркової і, так званої, проектної форми поперечного перерізу. Для кожного варіанту визначено збільшення переміщень контуру камери, отримані як різниця між переміщеннями на i -му кроці посування лави ($i = 5$ м, 1 м, 0 м) і переміщеннями для тієї ж точки, отриманими поза зоною впливу лави.

У першому випадку поза зоною впливу лави максимальні переміщення в покрівлі демонтажної камери для прямокутного перерізу склали - 0,35 м, для напіваркової форми - 0,15 м, для аркової - 0,10 м. У другому випадку, коли вибій лави стикається з бортом демонтажної камери, переміщення склали для прямокутного перерізу - 0,69 м, для напіваркової - 0,25 м, для аркової - 0,27 м. Крім того, значно збільшилися переміщення в боках і в підшві демонтажної камери. Результати порівняльного аналізу переміщень точок породного масиву показують, що, з геомеханічної точки зору, найбільшу стійкість має виробка з арковою формою поперечного перерізу, найменшу - з прямокутною формою, а також і проміжне положення, але досить близьке до аркової, займає напіваркова, і близька до неї проектна форма.

Аналіз переміщень показав, що вони реалізуються залежно від положення вибою лави. У момент сполучення лави і камери переміщення покрівлі при арковій формі зменшилися на 68 %, напіваркової - на 57 % в порівнянні з камерою прямокутного перерізу. В бортах камери відмінності в переміщеннях не такі значні. В момент сполучення вибою лави і камери найбільші деформації

мають місце зі сторони борту камери, що розташований з боку лави. Переміщення тут незалежно від форми поперечного перерізу сягають 0,45-0,5 м.

Узагальнення виконаних досліджень дозволило встановити наступне: переміщення контуру демонтажної камери істотно залежать від форми її поперечного перетину і відстані до вибою лави, активізуються при ширині цілика вугілля між ними, що дорівнює 10 - 11 м і є мінімальними при напівварковому обрисі поперечного перерізу, що дозволяє максимальною мірою забезпечити стійкість виробки і технологічність виконання операцій з монтажу-демонтажу.

Таким чином, виходячи з міркувань максимальної стійкості і технологічності операцій, які виконуються при демонтажі обладнання в лаві, слід прагнути до напівваркової або проектної форми поперечного перерізу демонтажної камери.

Особливістю стругового комплексу є необхідність вибудовування лінії очисного вибою в формі дуги. При підході такого вибою до прямолінійного борту демонтажної камери виникає необхідність його «вирівнювання». Ця операція займає досить тривалий час, протягом якого в умовах слабких порід Західного Донбасу досить швидко реалізуються незворотні деформації породних шарів у зоні високого гірського тиску, яка сформувалася при підході вибою до демонтажної камери. Для скорочення загального часу демонтажу устаткування рекомендується надавати камері в плані криволінійну форму таким чином, щоб обрис її бортів співпадав з лінією очисного вибою.

Для обґрунтування цього рішення була досліджена тривимірна скінчено елемента модель, яка відповідає ситуації, коли лава підійшла до демонтажної камери на 10 м. Як було зазначено вище, саме в цей момент починається інтенсивний приріст переміщень в демонтажній камері і різке збільшення навантаження на кріплення виробки та очисного комплексу. Особливістю даної гірничотехнічної ситуації є те, що при підході дугоподібного вибою лави до прямолінійного борту камери між ними залишаються цілики вугілля трикутної форми.

На рис. 11 показані зони руйнування у ціликах вугілля при підході криволінійного вибою к прямолінійному борту камери.

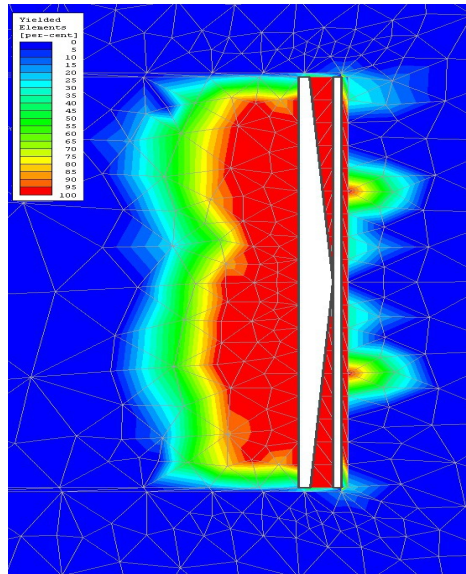


Рис. 11. Зони руйнування у ціликах вугілля

Для виділення зон руйнування задача вирішена в пружно-пластичній постановці. З рис. 11 випливає, що цілики шириною 5 метрів є концентраторами напружень, і тому будуть зруйновані ще до того, як вибій лави набуде прямої лінії. У цій ситуації вони представляють собою слабку опору, в них будуть розвиватися великі зміщення, що призведуть до значних деформацій борту камери.

В дисертації досліджена тривимірна модель і розподіл вертикальних напружень в тому випадку, коли вибій лави і поздовжня вісь демонтажної камери є паралельними. В момент одночасного виходу секцій кріплення в демонтажну камеру кожний її перетин буде знаходитися в однаковому напруженому стані. Концентрація напружень переміститься на протилежний борт камери. Кріплення камери забезпечить відпір в кожному перетині відповідно з визначеним навантаженням.

Для наближення адекватності обчислювальних програм до реальних гірничо-геологічних умов ВСП «Шахта Степова» в демонтажній камері 161-ї лави горизонту 330 м були організовані натурні вимірювання переміщень породного масиву. При цьому частина камери з ПК0 до ПК12 +5,6 м мала прямокутну форму, а решта - аркову.

Спостережна станція в камері складалась з п'яти замірних пунктів. На кожному замірному пункті встановлювалися три контурних репера і один глибинний. За період спостережень всього було виконано 18 серій вимірювань з періодичністю в 5-7 днів.

На рис. 12 показані графіки зміщень глибинних і контурних реперів залежно від відстані до вибою лави.

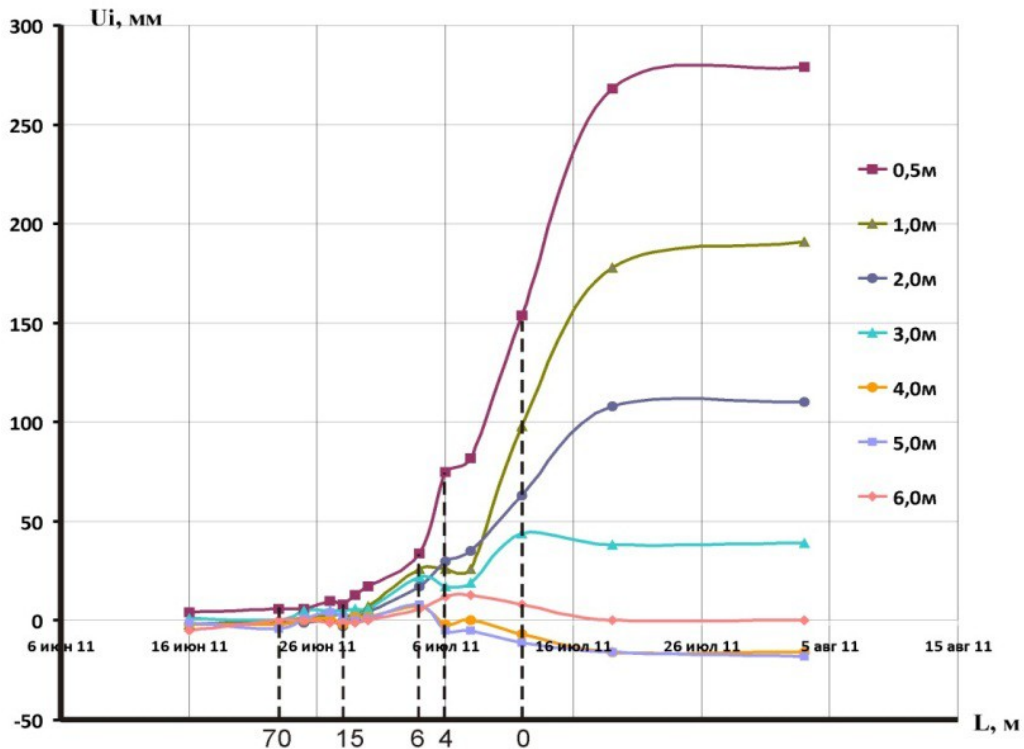


Рис. 12. Зміщення глибинного репера в залежності від відстані до очисного вибою

При наближенні лави до демонтажної камери на відстань 6,0 м деформації покрівлі стають найбільш інтенсивними і сягають 300 мм в момент підходу лави.

Кількісною оцінкою прояви гірничого тиску в камері є зміна висоти і ширини виробки в залежності від відстані до очисного вибою. Ці зміни для аркової форми камери на 10-15 % вище, ніж прямокутної. У той же час, переміщення з боку робочого борту камери були вищі для аркової форми виробки, що ускладнювало процес демонтажу секцій.

З метою подальшого вдосконалення технології демонтажу стругового комплексу та забезпечення експлуатаційної стійкості попередньо пройденої демонтажної камери були проаналізовані дані про тиск у гідростійках механізованого кріплення. Це слугувало ще одним обґрунтуванням для визначення критичної відстані між вибоєм лави та демонтажною камерою, оскільки всі заходи щодо забезпечення стійкості камери повинні бути виконані до цього «критичного» моменту.

На першому етапі за контрольну була обрана секція механізованого кріплення № 157, яка потрапляє в площину замірного пункту № 2. На другому етапі в статистичну обробку були включені всі 194 секції.

На рис. 13 показано зміну середньої величини тиску в момент наближення вибою лави до демонтажної камери.

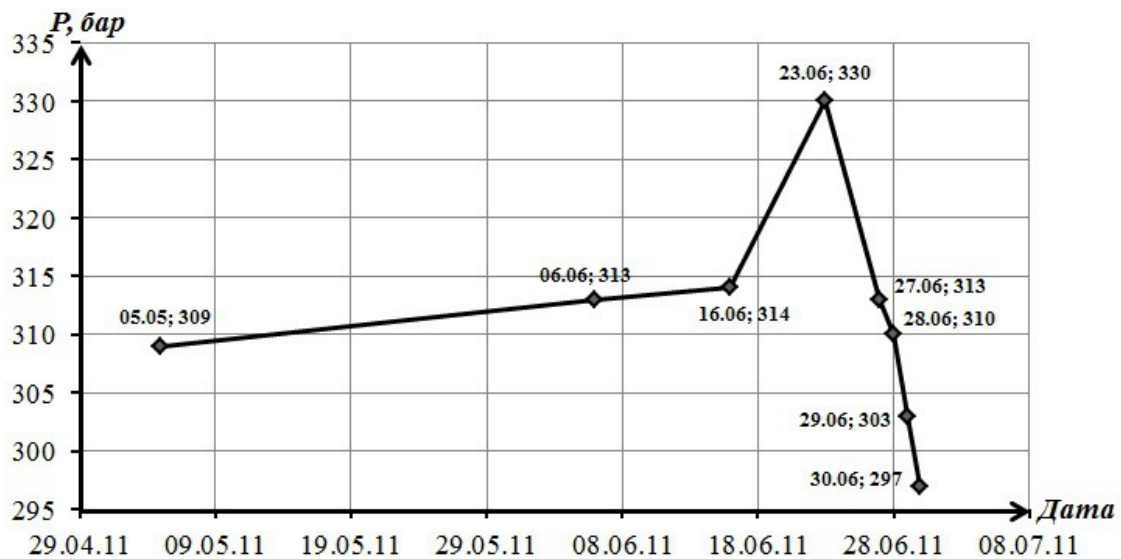


Рис. 13. Середнє значення тиску в гідростійках механізованого кріплення по лаві у контрольні дати

Взаємний вплив лави і камери починає слабо проявлятися на відстані, що дорівнює 116 м, і різко наростає при розмірі вугільного цілика 12,7 м. Після цього тиск в гідростійках падає. Це співпадає з результатами чисельного моделювання, які дають прогноз про початок інтенсивного прояву гірського тиску на відстані 15-10 м. Цей момент слід розглядати як критичний, коли мають бути вжиті всі заходи для безпеки людей і механізмів в районі демонтажної камери. При знаходженні вибою лави на відстані 120 м всі роботи зі спорудження демонтажної камери повинні бути завершені.

Виконаний комплекс досліджень в 161-й струговій лаві горизонту 330 м дозволили виявити низку недоліків, які були враховані в подальшому при розробці рекомендацій зі спорудження демонтажної камери 163-ї стругової лави горизонту 490 м.

Проект споруди демонтажної камери 163-ї лави представлений на рис. 14.

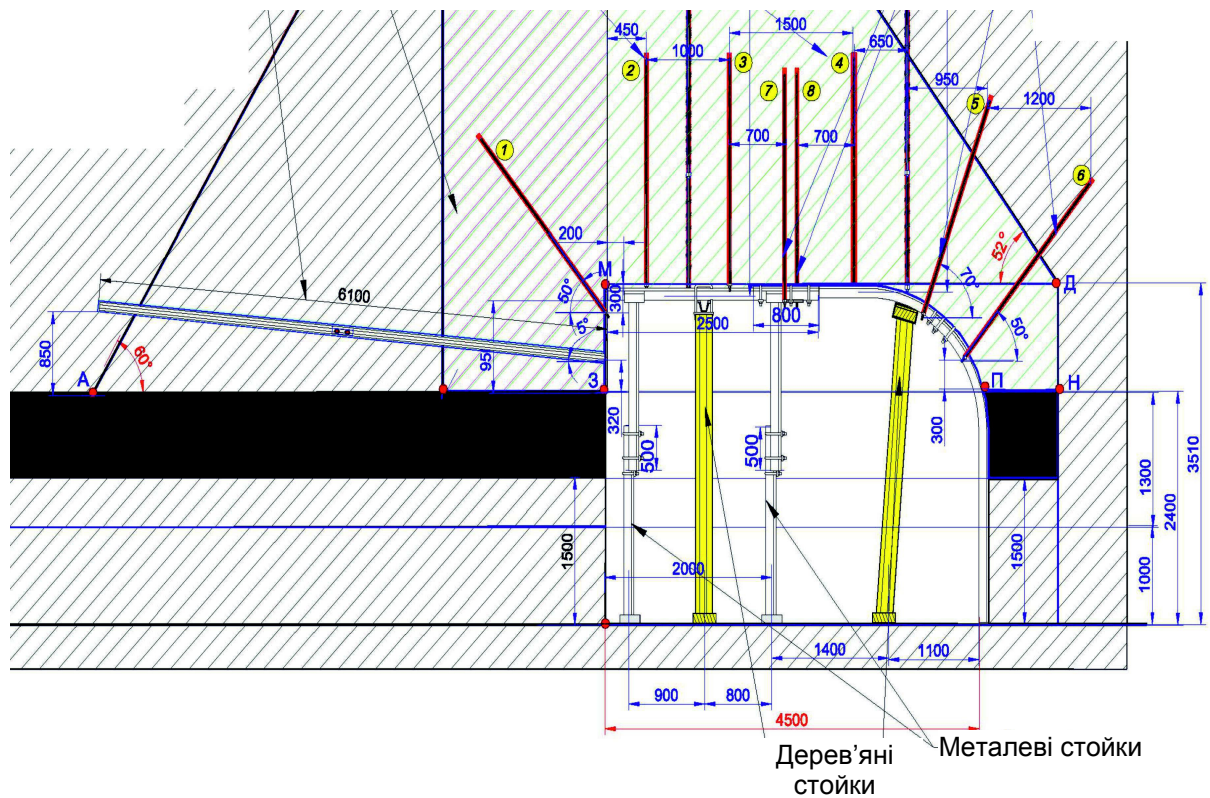


Рис. 14. Проект демонтажної камери

Поперечний перетин цієї камери має форму середню між напівварковою і прямокутною, забезпечуючи таким чином стійкість і технологічність виконання операцій. Ця форма умовно була названа проектною.

За методикою, викладеною вище, були проаналізовані розміри зон руйнувань, навантаження на кріплення і переміщення для камер з різною формою поперечного перерізу: прямокутної, напівваркової і проектною. Розмір цілика вугілля між виробками з кроком 1 м змінювався від 5 м до 0.

На рис. 15 для геомеханічної ситуації, коли розмір цілика між виробками дорівнює нулю, показані площі руйнування над виробками, що пропорційно навантаженню на кріплення. Їх аналіз показав, що проектна форма камери в порівнянні з прямокутною забезпечує зменшення переміщень на 25 % за приблизно такого ж навантаження на кріплення. Враховується, що ця форма поперечного перерізу забезпечує більшу технологічність, вона рекомендується до застосування в умовах 163-ї лави горизонту 490 м.

В дисертації досліджено конструкцію такого кріплення і визначено кількість його структурних елементів.

За результатами досліджень встановлено, що максимальні переміщення в демонтажній камері напівваркової форми, як найбільш технологічної та стійкої, нелінійно залежать від числа встановлених елементів кріплення, і стабілізуються при їх кількості, що дорівнює 6-8. Це дозволяє обґрунтовано проектувати виробки з достатнім рівнем надійності.

При проектуванні 161-ї лави горизонту 330 м ефективність застосування стругового комплексу розраховувалася, виходячи з припущення, що демонтаж

устаткування буде виконуватись в зупиненій лаві і відбуватиметься протягом 70 діб.

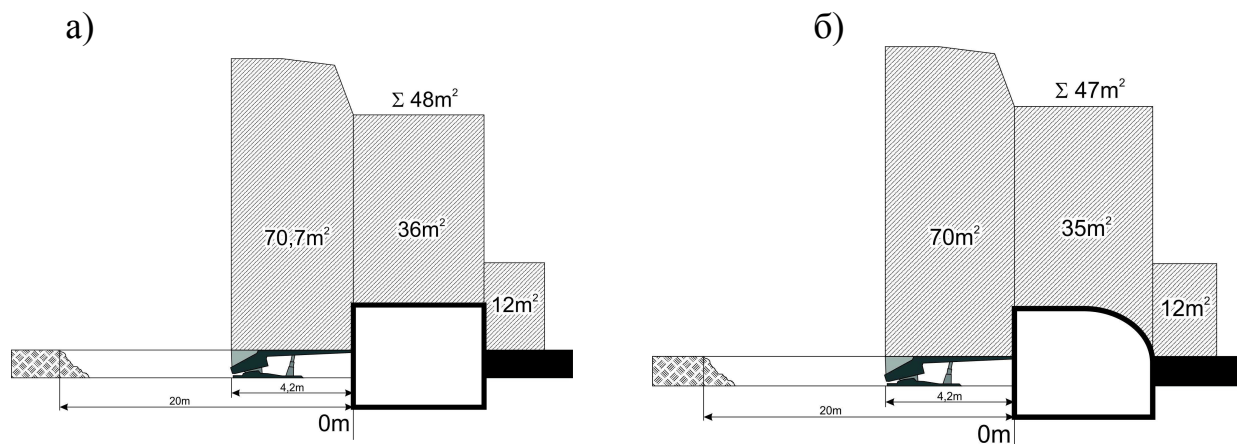


Рис. 15. Зони руйнування при сполученні лави з камерою:
а) прямокутна форма; б) проектна форма

Однак, наявність демонтажної камери і комплекс виконаних геомеханічних досліджень дозволили скоротити цей час на 15 діб в порівнянні з проектними. Це дозволило створити передумови для розробки нормативних документів з проектування стругових лав в умовах шахт Західного Донбасу і одержати економічний ефект у розмірі 8,6 млн. грн. при існуючому рівні цін на рядове вугілля.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей розвитку геомеханічних процесів, що реалізуються на кінцевих ділянках виїмкових стовпів, вирішена науково-технічна проблема адаптації високопродуктивних стругових комплексів при виїмці малопотужних вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих порід Західного Донбасу.

Основні наукові і практичні результати досліджень полягають в наступному:

1. Виконаний аналіз напрямків стратегічного розвитку компанії ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» та визначено основні проблеми в області видобутку вугілля, серед яких основною є проблема адаптації стругової технології при відпрацюванні малопотужних вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих вміщуючих порід.

2. Поставлена і вирішена задача про розподіл напружень і деформацій навколо монтажної камери і рухомого вибою стругової лави, що дозволило оцінити величину прольоту первинного обвалення порід основної покрівлі.

3. Поставлено натурний експеримент, що дозволяє відобразити динаміку переміщень контуру підготовчої виробки в міру посування вибою стругової

лави від монтажної камери і зафіксувати момент первинної посадки порід основної покрівлі.

На основі результатів чисельного моделювання та натурних вимірювань встановлено, що величина прольоту первинного обвалення порід основної покрівлі для гірничо-геологічних умов 163-ї лави горизонту 490 м ПСП «Шахта Степова» дорівнює $32 \text{ м} \pm 3 \text{ м}$.

4. На основі досліджень, пов'язаних з первинною посадкою порід основної покрівлі, отримано патент України № 98329 «Спосіб дегазації вуглепородного масиву під час розробки групи вугільних пластів» та подана заявка на патент «Спосіб підвищення безпеки у вугільних шахтах при первинному обваленні порід основної покрівлі в лавах положистих пластів».

5. Поставлена і вирішена просторова задача про розподіл напружень і переміщень навколо рухомого вибою стругової лави, що дозволило встановити нерівномірний характер величини опорного тиску вздовж вибою і врахувати цю обставину при підході очисної виробки до демонтажної камери.

6. Досліджено напружено-деформований стан породного масиву навколо демонтажної камери аркової, напіваркової і прямокутної форми поперечного перерізу, що дозволило рекомендувати напіваркову форму, як таку, що найбільш відповідає умовам стійкості і технологічності.

7. На основі чисельного моделювання процесу наближення стругової лави до демонтажної камери доведено, що переміщення контуру виробки зростають в ступеневій залежності та інтенсифікуються при розмірі вугільного цілика 10 м.

8. Доведено методами математичного моделювання і натурними вимірами, що навантаження на кріплення демонтажної камери і переміщення покрівлі синхронно зростають за ступеневим законом в міру наближення вибою стругової лави, різко збільшуються при ширині вугільного цілика, який дорівнює 10-11 м, і стають максимальними при його відсутності. Це дозволило об'єктивно розрахувати параметри кріплення 163-ї лави горизонту 490 м.

9. Чисельне моделювання різних варіантів комбінованого кріплення шляхом послідовного додавання її структурних елементів в розрахункову схему показало, що переміщення контуру виробки при заданому навантаженні стабілізуються коли число посилюючих елементів дорівнює 6-8, що дозволило на цій основі розробити паспорт кріплення 163-ї лави горизонту 490 м.

10. Шляхом вирішення просторової задачі досліджено вплив форми вибою стругової лави на рівень напружень на її кінцевих ділянках, що дозволило рекомендувати криволінійну форму демонтажної камери для здійснення операцій з демонтажу стругової установки.

11. Подана заявка на патент України «Спосіб забезпечення стійкості демонтажних камер».

12. Економічний ефект від скорочення термінів монтажу і демонтажу стругової установки склав 8,6 млн. гривень.

Результати роботи і положення дисертації відображені у 33 наукових працях, основними з яких є наступні:

1. Развитие научных основ повышения устойчивости горных выработок шахт Западного Донбасса / [Бондаренко В.И., Мартовицкий А.В., Ковалевская И.А., Черватюк В.Г.]. – Днепропетровск: ТОВ «ЛизуновПрес», 2010. – 340 с. – (Монография).
2. Мартовицкий А.В. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт / Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В. – Днепропетровск: «ЛизуновПрес», 2012. – 384 с. – (Монография).
3. Мартовицкий А.В. Модель формирования геологического рельефа угольных пластов / В.И. Пилюгин, А.В. Мартовицкий, В.И. Дворников // Изв. Донецкого горного института. – Донецк, ДонГТУ, 2003. – №1. – С. 68-74.
4. Мартовицкий А.В. Анализ параметров каптажа метана участковыми дегазационными скважинами в зоне подработки / А.В. Мартовицкий В.Б. Демченко // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ, 2003. – Вып. 48. – С. 108-114.
5. Мартовицкий А.В. Новые принципы проектирования технологий ведения горных работ на угольных шахтах / В.И. Пилюгин, А.В. Мартовицкий, В.В. Раскидкин // Науковий вісник НГУ. – 2009. - № 6. – С. 23-28.
6. Мартовицкий А.В. Методика прогноза прочностных свойств углевмещающих пород в пределах шахтного поля / Е.А. Сдвижкова, Д.В. Бабец, А.В. Мартовицкий // Збірник наукових праць НГУ. – 2010. – № 34, т. 1. – С. 47-54.
7. Мартовицкий А.В. Оценка зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив / А.Н. Шашенко, Р.Н. Терещук, А.В. Мартовицкий // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2010. – № 2. – С. 275-279.
8. Мартовицкий А.В. К вопросу об оценке устойчивости выработки с анкерной крепью / Р.Н. Терещук, А.В. Мартовицкий // Проблеми гірського тиску. Донецьк. – 2010. – Вип. 16. – С. 89-97.
9. Мартовицкий А.В. О размерах зоны неупругих деформаций вокруг выработки различной формы поперечного сечения / А.В. Мартовицкий, Р.Н. Терещук, С.Н. Гапеев // Науковий вісник НГУ. – 2011. – №1. – С. 29-32.
10. Мартовицкий А.В. Определение параметров рамно-анкерной крепи в подготовительной выработке вне зоны влияния лавы / А.В. Мартовицкий, Р.Н. Терещук, С.Н. Гапеев // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2011. – №1. – С. 121-128.
11. Мартовицкий А.В. Оценка геомеханических условий поддержания протяженных выработок шахт ОАО «Павлоградуголь» / А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий, В.В. Панченко // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2011. – Вып. 94. – С. 109-113.
12. Мартовицкий А.В. Концепция перехода шахт Западного Донбасса на повторное использование выработок / В.И. Пилюгин, А.В. Мартовицкий // Уголь Украины. – 2011. – № 9. – С. 11-15.
13. Мартовицкий А.В. Моделирование геомеханических процессов в породном массиве при встречном движении забоев лавы и штрека в условиях шахты "Степная" ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь» / Е.А. Сдвижкова, А.В.

- Халимендик, А.В. Мартовицкий, В.В. Панченко // Проблеми гірського тиску. – 2011. – Вип. № 19. – С. 96-107.
14. Мартовицкий А.В. Исследование зависимости взаимодействия диспергированной жидкости с угольной пылью / А.В. Мартовицкий, В.И. Голинько // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ, 2011. – Вып. 92. – С. 170-175.
 15. Мартовицкий А.В. Оценка устойчивости протяженных выработок по величине смещений их контура / А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, А.В. Мартовицкий, В.В. Панченко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2012. – № 1 (9). – С. 86-93.
 16. Мартовицкий А.В. Моделирование геомеханических процессов в углепородном массиве при отходе лавы от монтажной камеры и определение шага посадки основной кровли в условиях ПСП "Шахта "Степная" ПАО "ДТЭК Павлоградуголь" / Е.А. Сдвижкова, К.В. Кравченко, А.В. Мартовицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – 2012. – № 2 (73). – С. 121-127.
 17. Мартовицкий А.В. Исследования геомеханических процессов и влияния шага обрушения основной кровли лавы на состояние породного массива в окрестности подготовительной выработки / А.В. Мартовицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – 2012. – № 3 (74). – С. 80-84.
 18. Мартовицкий А.В. Исследование параметров обрушения сложноструктурного породного массива при движении лавы от монтажной камеры на ПСП «Шахта Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2012. – Вып. 3. – С. 54-59.
 19. Мартовицкий А.В. Обоснование комплекса эффективных мероприятий по повышению устойчивости выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 45-53.
 20. Мартовицкий А.В. Горно-графическое приложение к пакету AUTOCAD / И.В. Пилюгин, А.В. Мартовицкий, А.Е. Кочин, А.Н. Романов // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 4. – С. 69-73.
 21. Патент № 82900 Україна Е 21 D 15/00; Спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок з породами підшви, що здимаються / Шашенко О.М., Терещук Р.М., Мартовицький А.В. Заявл. 17.04.2006; Опубл. 26.05.2008, Бюл. № 10. 2008. – С. 4.20.
 22. Декларативний патент 53786 Україна. МПК Е 21 F 7/00, № И 200912254; Спосіб дегазації вуглепородного масиву під час розробки групи вугільних пластів / Мартовицький А.В., Пілюгин В.І., Раскидкин В.В., Мирошниченко І.О. Заявл. 30.11.2009; Опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. – С. 5.19.
 23. Патент 98329 Україна, МПК Е 21 F 7/00. Спосіб дегазації вуглепородного масиву під час розробки групи вугільних пластів / Мартовицький А.В.,

Пілюгин В.І., Раскидкин В.В, Мірошніченко І.О.; заявл. 30.11.2009; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9. – 4 с.

24. Мартовицкий А.В. Влияние шага обрушения основной кровли лавы на формирование напряженно-деформированного состояния в окрестности подготовительной выработки / С.Н. Гапеев, Н.В. Хозяйкина, А.В. Мартовицкий // Материалы региональной науч.-практич. школы-семинара "Прогрессивные технологии строительства, безопасности и реструктуризации горных предприятий" 24-26 ноября: доклады. – Донецк: "Норд-Пресс", 2006. – С. 209-215.
25. Мартовицкий А.В. Прогноз прочностных свойств углевмещающих пород шахты «Комсомолец Донбасса» / Е.А. Сдвижкова, Д.В. Бабец, А.В. Мартовицкий // Матеріали Міжнародної конференції «Форум гірників-2010» 22-23 жовтня 2010 р.: доповіді. – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – Том 3. – С. 24-28.
26. Мартовицкий А.В. Принципы разработки и принятия технологических и технических решений для повышения эффективности и безопасности работы шахт Западного Донбасса (на основе требований стандарта OHSAS 18001:2007) / А.В. Мартовицкий, В.И. Азаматов, В.П. Шабанов // Материалы междунар. науч.-практич. конф. «Инновационная модель экологической системы промышленного района»: Санкт-Петербург-Донецк, 2010. – С. 568-574.
27. Мартовицкий А.В. Анализ геомеханических процессов, протекающих в кровле породного массива в окрестности очистной выработки по пласту С₅ шахты «Самарская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий, А.Н. Шашенко, Е.А. Сдвижкова, Ю.М. Халимендик, Н.В. Хозяйкина // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 16-25.
28. Мартовицкий А.В. Численное моделирование геомеханических процессов при подходе к демонтажной камере в условиях шахты «Степная» / А.В. Мартовицкий, А.Н. Шашенко, Е.А. Сдвижкова, Д.В. Бабец // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 25-34.
29. Мартовицкий А.В. Геомеханический мониторинг состояния демонтажной камеры в условиях ПСП шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий, Н.С. Еремин, В.И. Жильский, Ю.М. Халимендик, К.В. Кравченко // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 34-42.
30. Мартовицкий А.В. Опыт поддержания выработок, проводимых встречными забоями в условиях шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий, Н.С. Еремин, В.В. Панченко, А.В.

- Халимендик, А.С. Иванов // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 43-49.
31. Мартовицкий А.В. Актуальные особенности практической реализации концепции повторного использования участковых подготовительных выработок высоконагруженных очистных забоев / В.И. Пилюгин, А.В. Мартовицкий // Школа підземної розробки, 02-08 жовтня 2011 р.: доповіді. – Дніпропетровськ, НГУ, 2011. – С. 19-25.
 32. Мартовицкий А.В. Особенности деформирования слабометаморфизированных пород вокруг протяженных выработок шахт Западного Донбасса / М.А. Выгодин, А.В. Солодянкин, Е.В. Масленников, А.В. Мартовицкий, Р.Е. Алтухов, В.В. Панченко // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 50-57.
 33. Мартовицкий А.В. Оценка состояния выработок и условий разработки угольных пластов на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий, А.В. Солодянкин // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 12-15 жовт. 2011 р. Геомеханіка і геотехніка. Будівництво і експлуатація підземних споруд. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 181-188.
 34. Martovitsky A.V. Geomechanical processes in rocks around longwalls in terms of coal mine "Samarskaya" (Ukraine) / A.V. Martovitsky, Yu.M. Khalimendik, O.O. Sdvyzhkova, O.M. Shashenko // 22 World Vining Congress&Expo 11-16 september Istanbul-2011. Stambul, Turkey. – P. 443-448.
 35. Martovitskyj A. Procesy geomechanicze przy eksploatacji wegla kamiennego technologia strugwa w slabych skalach / O. Shashenko, O. Sdvyzhkova, A. Martovitskyj, Yu. Khalimendik // Materialy konferencyjne XXXV Zimowej Szkoły Mechaniki gorotworu i Geoinzynierii. 5-9.03.2012, Wisła-Jawornik. – 2012. – P. 271-281.

Особистий внесок автора в роботах, що опубліковані в співавторстві: [1] – виконання натурних досліджень, обробка результатів вимірів; [2] – аналіз стійкості протяжних виробок; [3, 20] – аналіз модельних обчислень; [4, 14, 22, 23] – збір і обробка даних щодо метановиділення під час первинної посадки порід покрівлі в лавах; [5, 12] – аналіз технологічних схем відпрацювання вугільних пластів; [6] – збір даних щодо міцносних характеристик вуглевміщуючих порід на шахті «Комсомолец Донбасу»; [7-10] – аналіз фактичної роботи анкерного кріплення; [11, 12, 15, 19] – збір і обробка статистичних даних щодо стійкості протяжних виробок; [13, 16] – моделювання геомеханічних систем; [24-25] – збір і обробка даних щодо кроку обвалення порід основної покрівлі у лавах; [26-29] – натурні виміри у демонтажній камері; [20-33] – оцінка стану підземних виробок шахт Західного Донбасу; [34, 35] – аналіз стану виробок, що розташовані у зоні впливу очисних робіт.

АНОТАЦІЯ

Мартовицький А.В. Геомеханічні процеси при відробці вугільних пластів струговими комплексами в умовах шахт Західного Донбасу». – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет». – Дніпропетровськ, 2012.

Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми адаптації стругових комплексів при відпрацюванні малопотужних вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих порід шахт Західного Донбасу на підґрунті дослідження геомеханічних процесів, що протікають навколо системи «лава-вугільний цілик-камери монтажу та демонтажу».

Технічна ідея роботи полягає у тому, що для скорочення часу на операцію «монтаж-демонтаж обладнання» попередньо проводиться демонтажна камера. У дисертації виконано комплекс досліджень, де розглянуті усі геомеханічні процеси, що виникають при відпрацюванні вугільного стовпа від монтажною до демонтажною камери. Встановлено для гірничо-геологічних умов ПСП «Шахта Степова», що критичний розмір виробленого простору, що призводить до обвалення порід основної покрівлі дорівнює 34 ± 3 м. Обґрунтована залежність цієї величини від глибини залягання вугільного пласта.

Встановлений характер розподілу напружень навколо криволінійного вибою лави, що рухається. Досліджено напружено-деформований стан породного масиву навколо динамічної системи «стругова лава-вугільний цілик-камери монтажу та демонтажу».

Надані рекомендації щодо форми демонтажною камери та конструкції комбінованого кріплення. За рахунок скорочення терміну демонтажу обладнання отримано економічний ефект у розмірі 8,6 млн. гривень.

Ключові слова: стругова лава, слабометаморфізовані породи, демонтажна камера, первинне обвалення порід основної покрівлі, напружено-деформований стан, форма поперечного перерізу та комбіноване кріплення виробки.

АННОТАЦИЯ

Мартовицкий А.В. Геомеханические процессы при отработке угольных пластов струговыми комплексами в условиях шахт Западного Донбасса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». Государственный ВУЗ «Национальный горный университет». Днепропетровск. 2012.

Работа посвящена решению актуальной научно-технической проблемы адаптации струговых комплексов при отработке маломощных пластов угля в

условиях слабометаморфизированных вмещающих пород шахт Западного Донбасса на основе исследования геомеханических процессов, протекающих в окрестности системы «лава-угольный целик-камеры монтажа и демонтажа».

Идея работы состоит в том, чтобы исследовать Геомеханические процессы на всех этапах отработке угольного пласта струговым комплексом и сократить время на демонтаж оборудования путем использования для этих целей предварительно пройденной демонтажной камеры.

В диссертации выполнен комплекс натуральных и аналитических исследований, охватывающий все процессы отработки выемочного столба.

Путем постановки натуральных и численных экспериментов отпределен критический размер обнажения пород основной кровли, при котором произойдет первичное обрушение. Для условий ПСП «Шахта Степная» он составил 34 ± 3 м. Получена функциональная зависимость, позволяющая вести прогноз этой геомеханической ситуации. Подана заявка на патент Украины.

На основе численного моделирования исследовано распределение напряжений и деформаций в окрестности криволинейного забоя струговой лавы. Решена пространственная задача, установлены закономерности распределения вертикальной составляющей напряжений в произвольной точке пространства, что позволяет учесть этот факт в момент приближения лавы к демонтажной камере.

Решена задача о распределении напряжений и перемещений в окрестности демонтажной камеры с различным очертанием поперечного сечения и разным количеством структурных элементов в системе комбинированной крепи. Обоснован оптимальный вариант полуарочной формы поперечного сечения, позволяющий обеспечить устойчивость выработки и технологичность выполнения операций по демонтажу оборудования.

Выполнена геомеханическая оценка взаимного влияния забоя приближающейся лавы и демонтажной камеры.

Установлено, что их существенное совместное влияние начинается при размере угольного целика шириной 10 м.

Выполнена оценка развития геомеханических процессов в окрестности перемещающейся струговой лавы путем анализа давления в гидростойках механизированной крепи. Установлено, что взаимное влияние лавы и демонтажной камеры начинает проявляться на расстоянии 116 м и резко нарастает при размере угольного целика шириной 12,7 м. После этого давление в гидростойках падает. Этот момент следует рассматривать как критический, когда в демонтажной камере должны быть приняты максимальные меры безопасности.

Разработаны и переданы шахте рекомендации по управлению устойчивостью демонтажной камеры. За счет сокращения планового срока демонтажа на 15 суток получен экономический эффект в размере 8,6 млн. гривен.

Ключевые слова: струговая лава, слабометаморфизированные породы, демонтажная камера, первичное обрушение пород основной кровли,

напряженно-деформированное состояние, форма поперечного сечения и комбинированная крепь выработки.

ANNOTATION

Martovitsky A.V. Geomechanical processes at coal mining with plow complexes in conditions of Western Donbass mines. - Manuscript.

Thesis for obtain the degree of doctor of technical sciences, specialty 05.15.09 - "Geotechnical and rock mechanics." - SHEI "National Mining University." - Dnepropetrovsk, 2012.

The paper is devoted to solving the actual scientific and technological problems of plow system adaptation when developing thin coal seams in weakly metamorphosed rocks of the Western Donbass mines. It is based on studying the geomechanical processes around the system "longwall - coal pillar – chambers for equipment assembly and disassembly".

Technical idea of the paper is as following: in order to reduce the time for the operation "the assembly - disassembly of equipment", the special chamber is being held ahead of all the operations. All geomechanical processes arising when developing coal pillar from the assembling chamber to the pre-constructed disassembling chamber are considered. The critical size of mined-out space that leads to roof caving is determined. It is equal 34 ± 3 m in geological terms of private owned plant "Mine Stepnaya". The dependence of this quantity on the depth of the coal seam mining is grounded.

The stress distribution around the curvilinear-moving longwall face is determined. The stress-strain state of the rock mass around the dynamic of the "plow longwall - coal pillar - equipment assembly and disassembly chambers" is studied.

The recommendations regarding the form of the pre-constructed disassembling chamber and combined support are given. Due to reducing the time of dismantling the economic effect of \$ 8.6 million hryvna is achieved.

Keywords: plow longwall, weakly metamorphosed rocks, pre-constructed disassembling chamber, primary caving of the main roof, the stress-strain state, the cross-sectional shape, the combined lining of working.