

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра фармації, виробництва та технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня **магістр**

спеціальності 184 «Гірництво»

на тему:

**Дослідження охорони дільничних виробок пл. к8
ш. "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля"**

Виконав: студент групи Гір-20дм Стасюк О.М.

.....
(підпис)

Керівник: Тарасов В.Ю.

.....
(підпис)

Завідувач кафедри: Тарасов В.Ю.

.....
(підпис)

Рецензент:

.....
(підпис)

Севєродонецьк 2021

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра фармації, виробництва та технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 184 «Гірництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ 2021 року
“ ____ ” _____

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Стасюку Олександр Миколайовичу

1. Тема роботи: "Дослідження охорони дільничних виробок пл. к₈ ш. "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля"
Керівник роботи: Тарасов Вадим Юрійович, доц.,
затверджені наказом закладу вищої освіти від 16.11.21 р. № 177/15.23
2. Строк подання студентом роботи: 10.12.21 р.
3. Вихідні дані до роботи: матеріали переддипломної практики та гірничотехнічна література.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): згідно програми дипломного проектування та методичних вказівок по складанню дипломної роботи студентами напряму підготовки 184 «Гірництво».
5. Графічна частина роботи узгоджується з керівником роботи. Загальний обсяг графічної частини – 6-8 аркушів.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 04.11.21

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз стану питання забезпечення стійкості повторно використовуваних дільничних виробок	08.11.21-11.11.21	
2	Існуючі способи охорони і підтримання повторно використовуваних виробок	12.11.21-15.11.21	
3	Нові напрямки по створенню ефективних засобів охорони і підтримки дільничних виробок	16.11.21-19.11.21	
4	Мета і задачі дослідження	20.11.21	
5	Вивчення взаємодії охоронних елементів зі зміщуючимися породами навколо виробки	21.11.21-24.11.21	
6	Математичне моделювання способів охорони дільничних виробок методом кінцевих елементів (МКЕ)	25.11.21-03.12.21	
7	Розробка технологічної схеми охорони дільничних виробок пл. k ₈ та розрахунок її економічної ефективності	04.12.21-08.12.21	
8	Охорона праці	09.12.21	

Студент _____

Стасюк О.М.

Керівник проекту _____

Тарасов В.Ю.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить: 84 с., 35 рисунків, 15 таблиць, 44 джерела технічної літератури.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є гірничий масив навколо підготовчої виробки.

Предмет дослідження – охоронні елементи дільничних виробок.

Робота виконана в умовах шахти "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля".

Мета магістерської роботи – обґрунтування способу охорони дільничних виробок пл. k_8 в умовах ш. "Карбоніт".

Практичною стороною роботи є розробка рекомендацій по застосуванню технологічної схеми охорони виробки за допомогою булокострів.

Методи розрахунку що використовуються в роботі – аналітичні, математичне моделювання (МКЕ, ПК ЛІРА).

У роботі розглядаються технологічні схеми охорони виробок за допомогою ціликів, накатних кострів та булокострів. Виявлені причини, що впливають на несучу здатність охоронних елементів. Розрахований очікуваний ефект від застосування нового способу охорони 18 конвеєрного штреку пл. k_8 .

ГІРНИЧИЙ ТИСК, ПОРОДНИЙ МАСИВ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ЦІЛИКИ, НАВАНТАЖЕННЯ, СТІЙКІСТЬ ВИРОБКИ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПОВТОРНО ВИКОРИСТОВУЄМИХ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК.....	8
1.1 Існуючі способи охорони і підтримання повторно використовуємих виробок.....	8
1.2 Нові напрямки по створенню ефективних засобів охорони і підтримки дільничних виробок.....	14
1.3 Мета і задачі дослідження.....	23
2 ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОХОРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЩУЮЧИМИСЯ ПОРОДАМИ НАВКОЛО ВИРОБКИ.....	27
2.1 Фактори, що впливають на інтенсивність зміщення порід і деформацію кріплення.....	27
2.2 Встановлення параметрів проявів гірського тиску в повторно використовуємих виробках.....	30
2.3 Натурні спостереження за станом дільничних виробок пл. к ₈	41
Висновки по розділу 2.....	47
3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (МКЕ).....	48
3.1 Обґрунтування застосування математичного моделювання методом кінцевих елементів.....	48
3.2 Моделювання методом кінцевих елементів охорони дільничних виробок.....	56
Висновки по розділу 3.....	64
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОХОРОНИ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК пл. к ₈ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	65
4.1 Варіанти застосування технологічних схем охорони виробок.....	65
4.2 Розрахунок очікуваної економічної ефективності від застосування запропонованого способу охорони.....	65
4.3 Охорона праці.....	71
Висновки по розділу 4.....	74
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	76
Додаток А.....	81

ВСТУП

При відробці тонких пологопохилих вугільних пластів застосовуються різні способи і засоби охорони прилеглих до лави виробок, у тому числі і так звані технологічні цілики, що формуються попереду лінії очисного вибою. Форма і розміри цих ціликів, як і міжціликового простору визначаються перш за все виходячи з кута падіння пласта, конструктивних особливостей скребкового конвеєра лави і винесення його головки у виробку. На практиці раціональне встановлення геометрії технологічних ціликів проводиться досвідним шляхом, оскільки методик розрахунку стійкості підготовчих виробок, що охороняються цими ціликами, не існує. Методики, згідно яким прийнято вважати, що вся вага підробленої товщі повністю сприймається ціликами, використовувати для розрахунку несучої здатності ціликів не допустимо з ряду причин. По-перше, на глибоких горизонтах для охорони виробок розташованих в зоні впливу очисних робіт, дані інструкції рекомендують залишення ціликів достатньо великих розмірів, що з погляду раціонального використання природних ресурсів не дозволене. По-друге, така охорона підготовчих виробок у будь-якому випадку малоефективна, унаслідок роздавлювання ціликів навіть при їх дуже великій величині.

Як не парадоксально, але на практиці доведено, що технологічні цілики порівняно невеликих розмірів (довжина і ширина яких не перевищує (3-6) m – потужностей пласта) забезпечують необхідну стійкість підготовчих виробок. Отже, несуча здатність ціликів, в даному випадку, відповідає величині формованого на них навантаження. Тому активне навантаження на цілики при виїмці пласта потрібно визначати з урахуванням ваги порід покрівлі, зруйнованих під дією гірничого тиску які втратили свою несучу здатність в певному замкнутому контурі, межею якого є точка стулення завислих порід вищерозміщених шарів з подошвою, на деякому віддаленні від очисного вибою.

Важливою умовою успішного використання технологічних ціликів на великих глибинах є наявність вельми міцних вміщуючих порід, коли не відбувається їх руйнування і видавлювання у виробку.

Відомі випадки, коли технологічні цілики не вдається використовувати як постійну охорону саме унаслідок наявності в покрівлі і підшві слабких порід. Доведено, що вплив глибини на прояв гірничого тиску тим більше, ніж слабкіше вміщуючі породи. Тому у виробках глибоких горизонтів найчастішим явищем стає перехід в граничний стан не тільки вугільного пласта, але і значних площ покрівлі і підшви, що в свою чергу впливає на величину зсуву контура виробки.

З вищевикладеного виходить, що у всьому різноманітті і взаємовпливі різних чинників не представляється можливим дати конкретної і однозначної відповіді на поставлену задачу, тому при її рішенні слід обмежитися певними початковими умовами з урахуванням пріоритету натурних наглядів.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПОВТОРНО ВИКОРИСТОВУЄМИХ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК

1.1 Існуючі способи охорони і підтримання повторно використовуємих виробок

Різноманіття гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов вимагає в кожному конкретному випадку індивідуального підходу до вибору способів і засобів проведення, кріплення та охорони виробок. Нижче представлені типові способи охорони прилеглих до лави виробок [1].

Схему, зображену на рис. 1.1, доцільно застосовувати при відпрацюванні у важких гірничо-геологічних умовах, при яких неможливе застосування охорони підготовчих виробок за допомогою охоронних елементів. При цьому слід враховувати розміри цілика пропорційно довжині лави і глибині розробки. Дана схема набула поширення на глибині відпрацювання пластів 1200 м і більше на східному Донбасі та території РФ, тобто на російському Донбасі. Недоліком даного способу є великі втрати корисної копалини в ціликах.

Спосіб, зображений на рис. 1.2, застосовується на всіх глибинах розробки пластів, при яких бічні породи схильні до інтенсивних зсувів або гірничих ударів. Виробки проводяться в розвантаженій зоні, що сприяє тривалій безремонтній підтримці. Зазвичай використовується при глибині розробки до 1200 м. Подальше використання вельми проблематично, так як сильно проявляється здимання підшви і потрібно збільшення перерізу проведених виробок.

Схема, зображена на рис. 1.3, зустрічається вкрай рідко. Її основні переваги: малі витрати на підтримку виробки, включаючи матеріали охоронних елементів. Застосовується при нестійких покрівлях і підшвах схильних до сильного здимання, коли недоцільно підтримувати виробку тривалий час. При цьому використовується проведення виробок вприсічку.

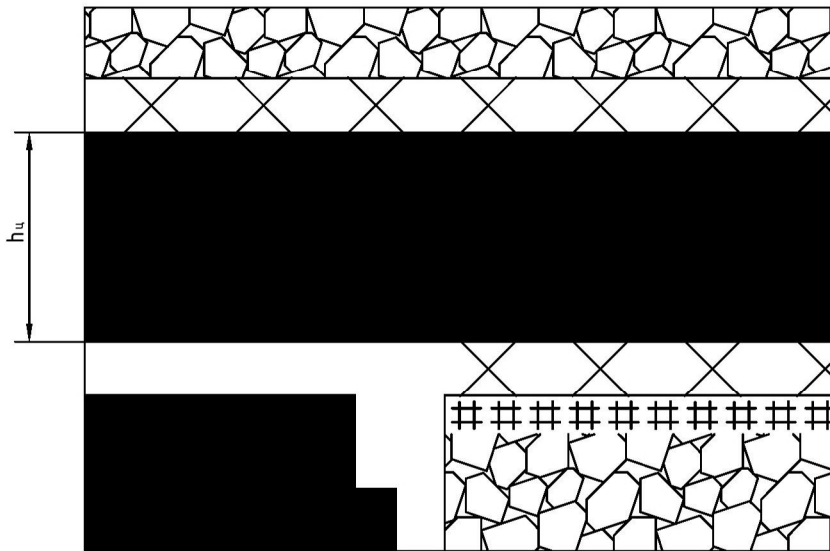


Рисунок 1.1 – Охорона вентиляційної виробки з залишенням цілика при стовповій системі розробки

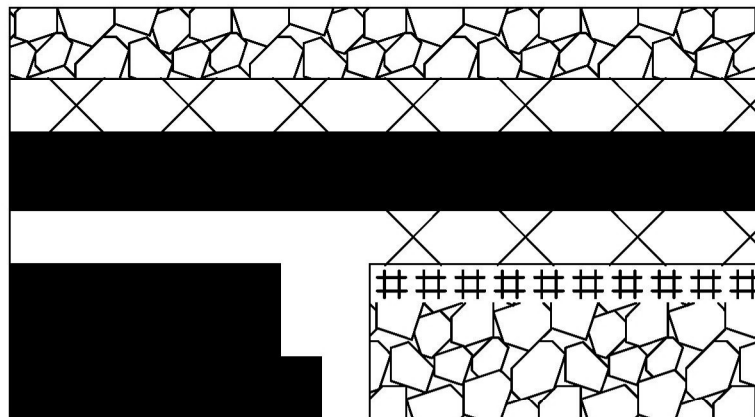


Рисунок 1.2 – Проведення виробки вприсічку і погашення після проходження лави

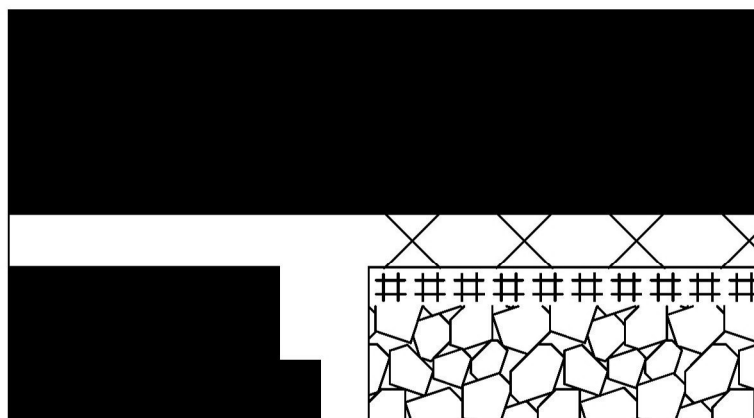


Рисунок 1.3 - Охорона вентиляційної виробки костри-масив

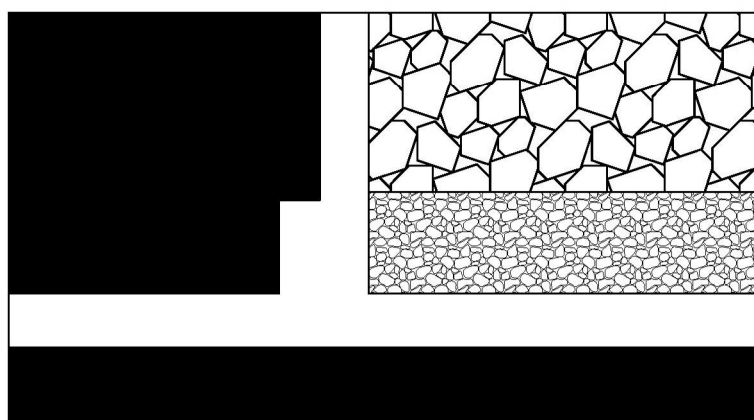


Рисунок 1.4 - Охорона транспортної виробки масив-бутова смуга

Схема охорони виробок, зображена на рис. 1.4, набула широкого поширення в південно-східній частині Донбасу, де переважають міцні породи. При цьому масив порід довгий час залишається без видимих зрушень з невеликими відшаруваннями нижніх тонких шарів безпосередньої покрівлі, а також загасання здимання підосви на нетривалий період часу. Недоліком даного способу охорони є великі зрушення з боку нетронутого масиву з можливими розломами порід.

Схема, зображена на рис. 1.5, не отримала широкого розповсюдження, тому що характеризується великими зрушеннями масиву гірських порід і складністю погашення транспортної виробки і транспортування гірської маси через те, що зсуви швидко розвиваються і можуть випереджати очисний вибій.

Схема, зображена на рис. 1.6, також не отримала широкого розповсюдження, тому що за лавою перетин виробки зменшується більш, ніж в 2 рази, що збільшує депресію цієї виробки.

Схема, зображена на рис. 1.7, одна з найбільш прогресивних та перспективних схем. При використанні литих смуг знижується трудомісткість по зведенню охоронних елементів, підвищується стійкість порід, зменшуються зміщення у виробці. Литі смуги володіють більшою жорсткістю в порівнянні з іншими охоронними елементами. Одним з недоліків є те, що навантаження кріпленням сприймається не відразу, а після повного затвердіння суміші, яке може тривати до двох діб. Використання литих смуг вимагає спеціальної технології використання. Обмеження поширення існує також через високу ціну компонентів суміші.

Схема, зображена на рис. 1.8, досить поширена схема охорони підготовчих виробок на території Донбасу. Основні переваги: низька трудомісткість робіт по зведенню, можливість повторного використання, можливість безремонтного підтримання виробки весь термін служби. Основними недоліками є застосування за потужністю пласта ($\leq 1,5$ м) і куту залягання пласта ($\leq 15^\circ$).

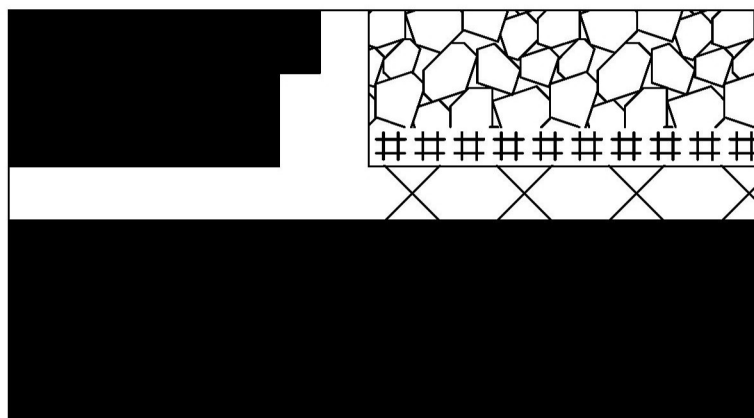


Рисунок 1.5 - Охорона транспортної виробки костри-масив

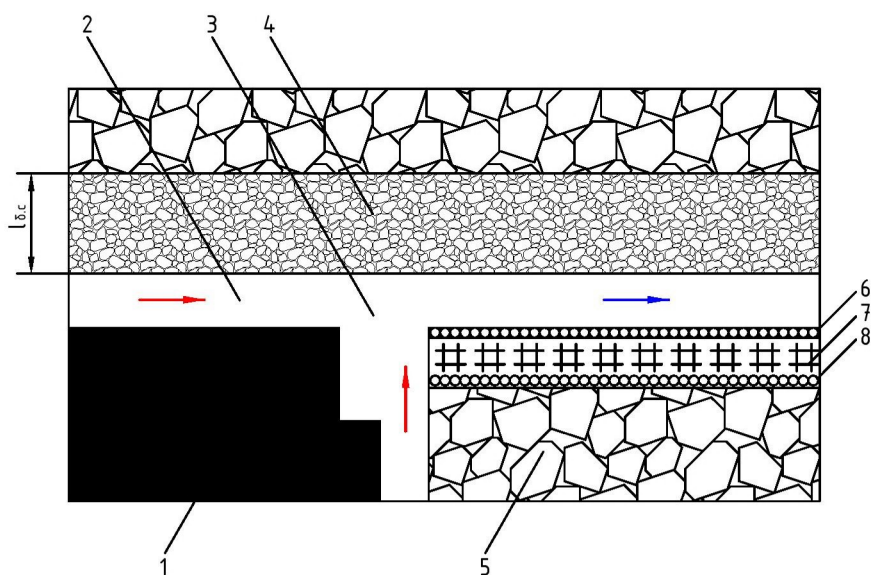


Рисунок 1.6 - Охорона підготовчої виробки повторного використання з підтриманням за очисним вибоєм

- 1 - масив
- 2 - підготовча виробка
- 3 - сполучення підготовчої виробки з очисним вибоєм
- 4 - породна смуга
- 5 - обвалені породи
- 6 - чуракова стінка
- 7 - дерев'яні костри
- 8 - органне кріплення

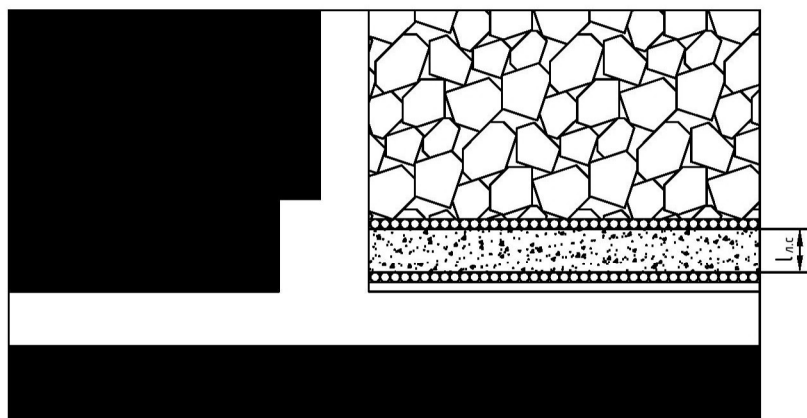


Рисунок 1.7 - Охорона транспортної виробки масив-літа смуга

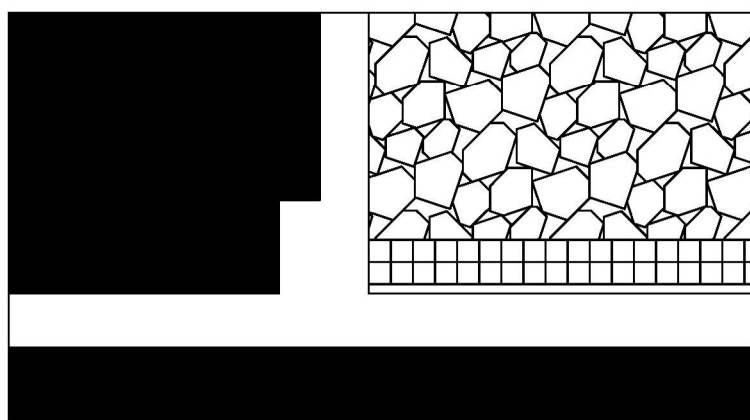


Рисунок 1.8 - Охорона транспортної виробки масив-БЗБТ

Наступний, комбінований спосіб охорони, розглянемо із застосуванням рамного кріплення спільно з анкерними системами, а також литию смугою і кріпленням посилення [2]. Схема такого комбінованого способу охорони виїмкових виробок представлена на рис. 1.9.

При швидкому посуванні вибою лита смуга не встигає придбати необхідну для ефективної роботи міцність і руйнується вже при малих навантаженнях [3].

Відомий спосіб охорони підготовчих виробок, що зберігаються після проходження лави, бутовими смугами з попереднім розпором і одночасним розвантаженням крайової зони вугільного пласта від напруг за допомогою щілин змінної жорсткості (рис. 1.11) [4, 5]. При даному способі бутова смуга споруджується за рахунок підривання і розширення в об'ємі порід покрівлі і підосви пласта, а розвантаження масиву у крайової частини пласта за допомогою щілин уздовж виробки.

Також відомий спосіб застосування вибухової бутової смуги з подальшим її ущільненням і нагнітанням в ущільнений породний об'єм скріплюючих розчинів [5]. Дане охоронне спорудження формується за рахунок відбійки порід покрівлі та переміщення їх по спеціальним полкам до місця його зведення (рис. 1.12).

1.2 Нові напрямки по створенню ефективних засобів охорони і підтримки дільничних виробок

На рис. 1.13 зображена схема ведення робіт з охорони повторно використаної підготовчої виробки. На початковому етапі підготовки виїмкової дільниці визначають, згідно з даними геологічного прогнозу, технологію проведення первинної посадки основної покрівлі та розміщення на бермі лави секцій обрізного кріплення, а також крок обвалення порід при вторинній посадці основної покрівлі.

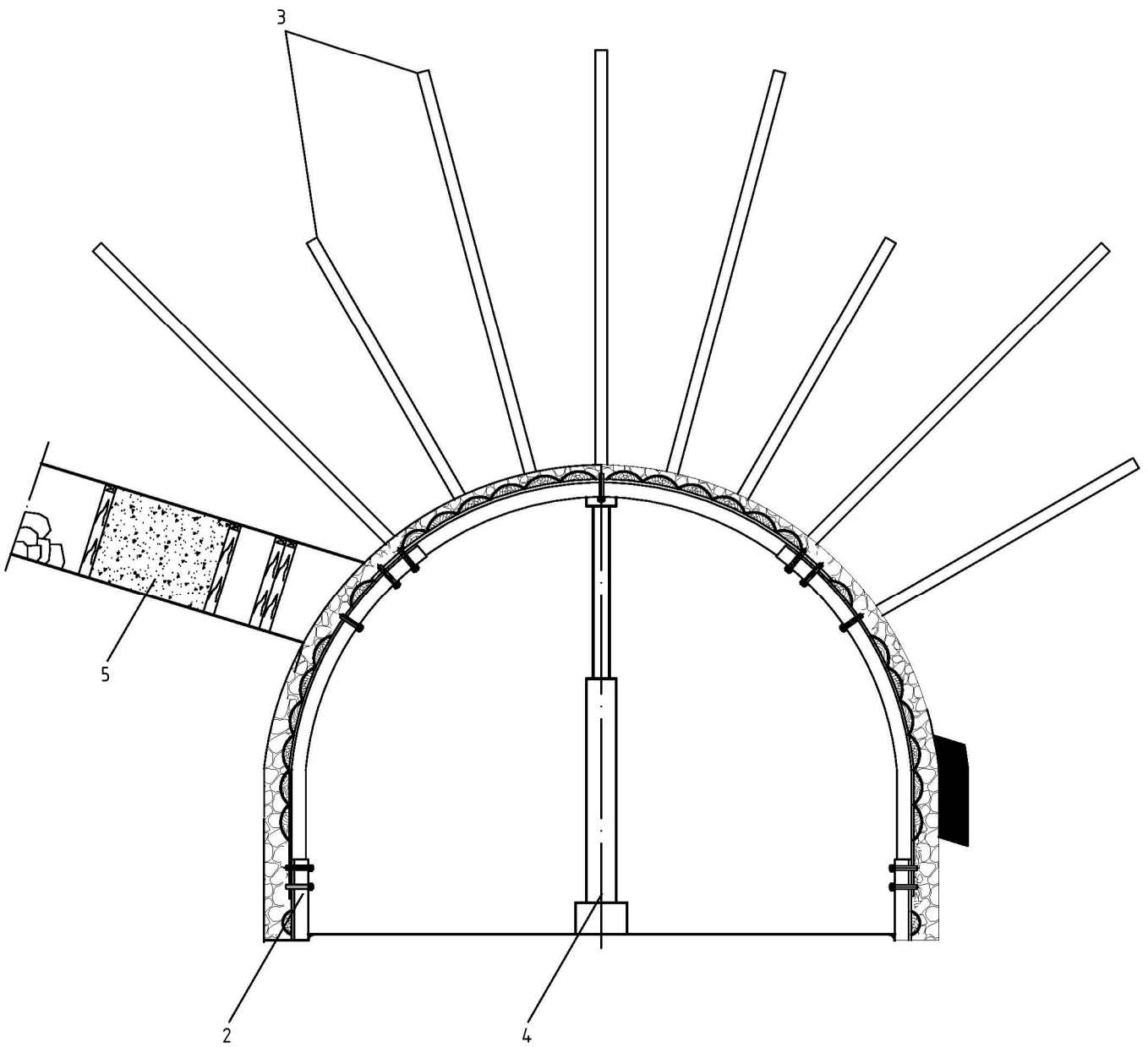


Рисунок 1.9 – Схема комбінованого способу охорони виймального штрека

- 1 – виймальний штрек
- 2 – аркове кріплення
- 3 – система різноглибинних анкерів
- 4 – кріплення посилення
- 5 – лита смуга

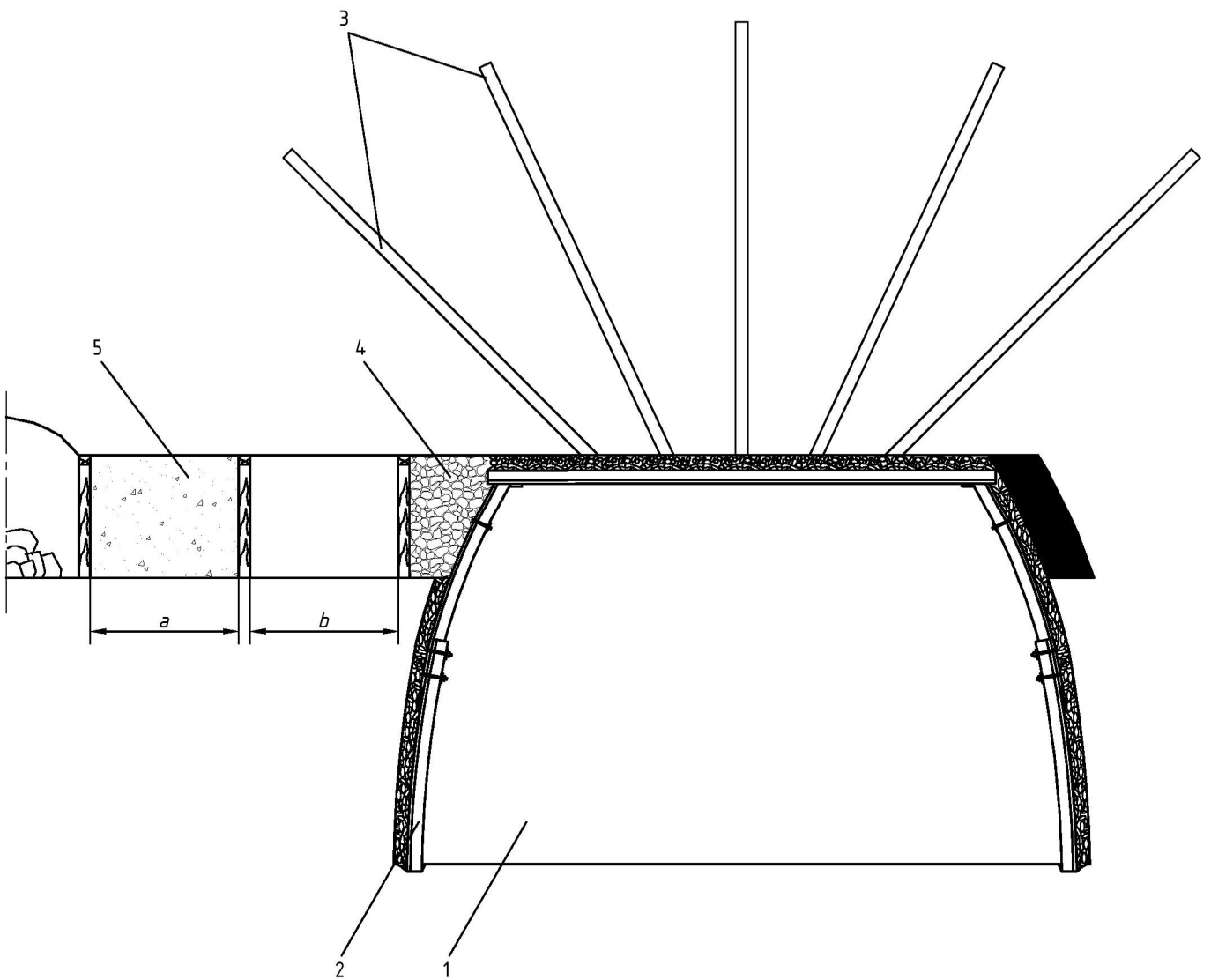


Рисунок 1.10 – Схема дворядної смуги у складі комбінованої охоронної системи виробок з плоскою покрівлею

- 1 – виїмальний штрек
- 2 – аркове кріплення
- 3 – система різноглибинних анкерів
- 4 – бутава смуга
- 5 – лита смуга

A-A

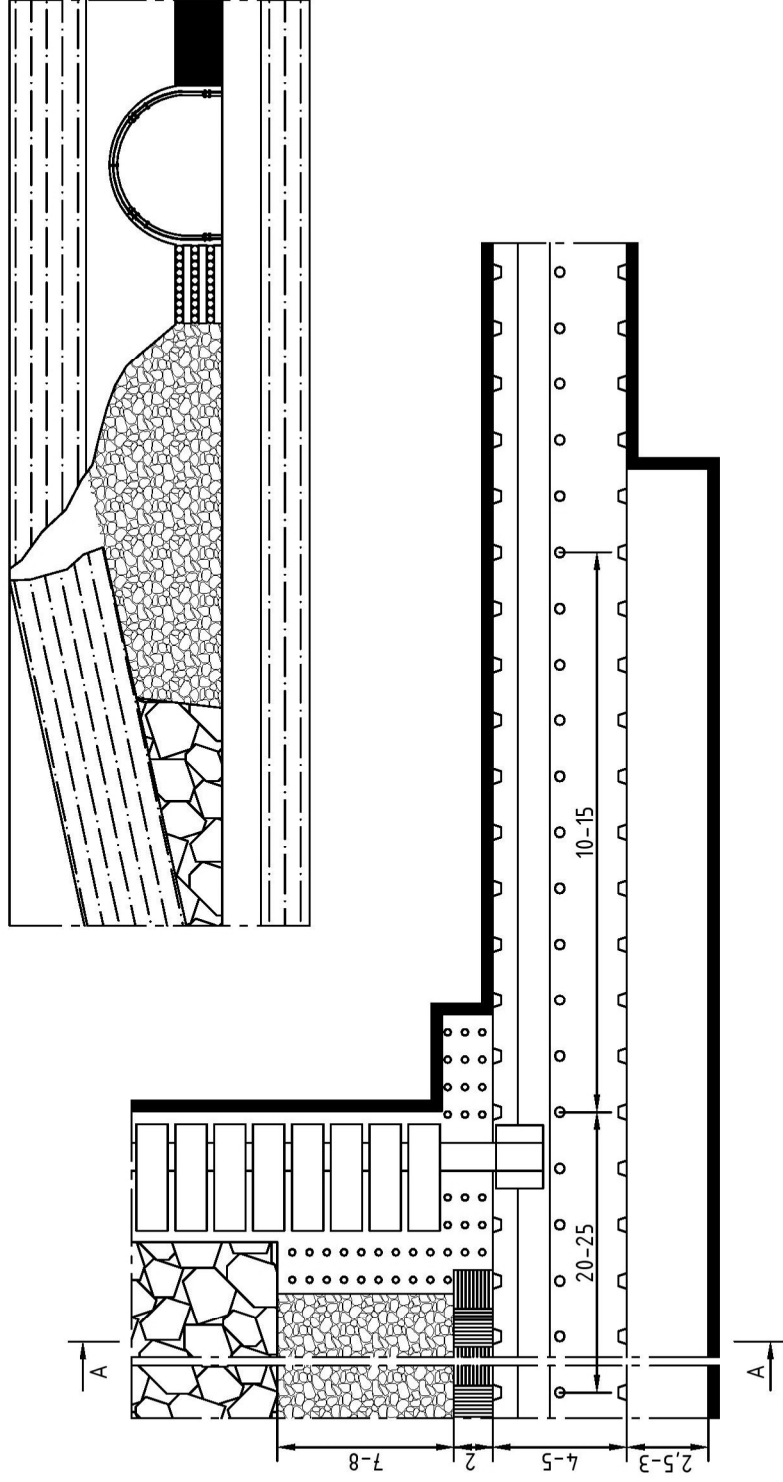


Рисунок 1.11 – Паспорт охорони штрека лави бумовими смугами з попереднім розпором і одночасним розвантаженням крайової зони вугільного пласта

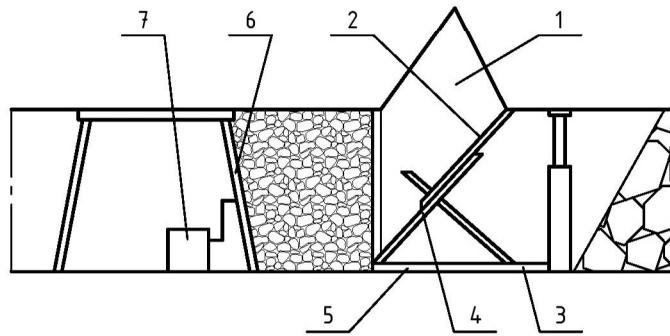


Рисунок 1.12 – Охорона виробки за допомогою твердіючої смуги

- 1 – місце відділки порід покрівлі
- 2 – похила полиця
- 3-5 – гідродомкрати
- 6 – опалубка
- 7 – насосна установка

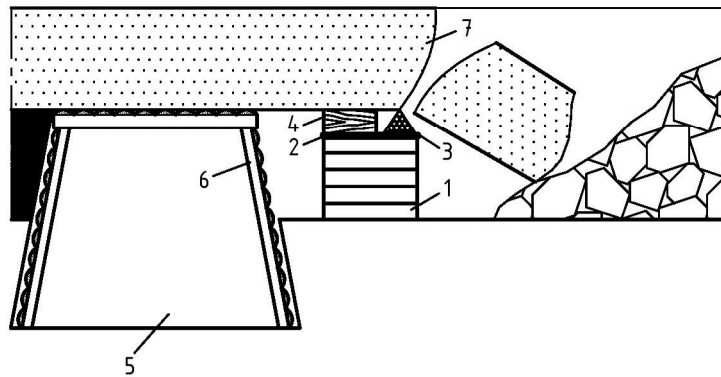


Рисунок 1.14 – Застосування охоронної смуги для забезпечення стійкого стану прилеглої до лави виробки

- 1 – з/д блоки
- 2 – жорстка прокладка
- 3 – клин
- 4 – податлива прокладка
- 5 – виробка
- 6 – кріплення виробки
- 7 – покрівля

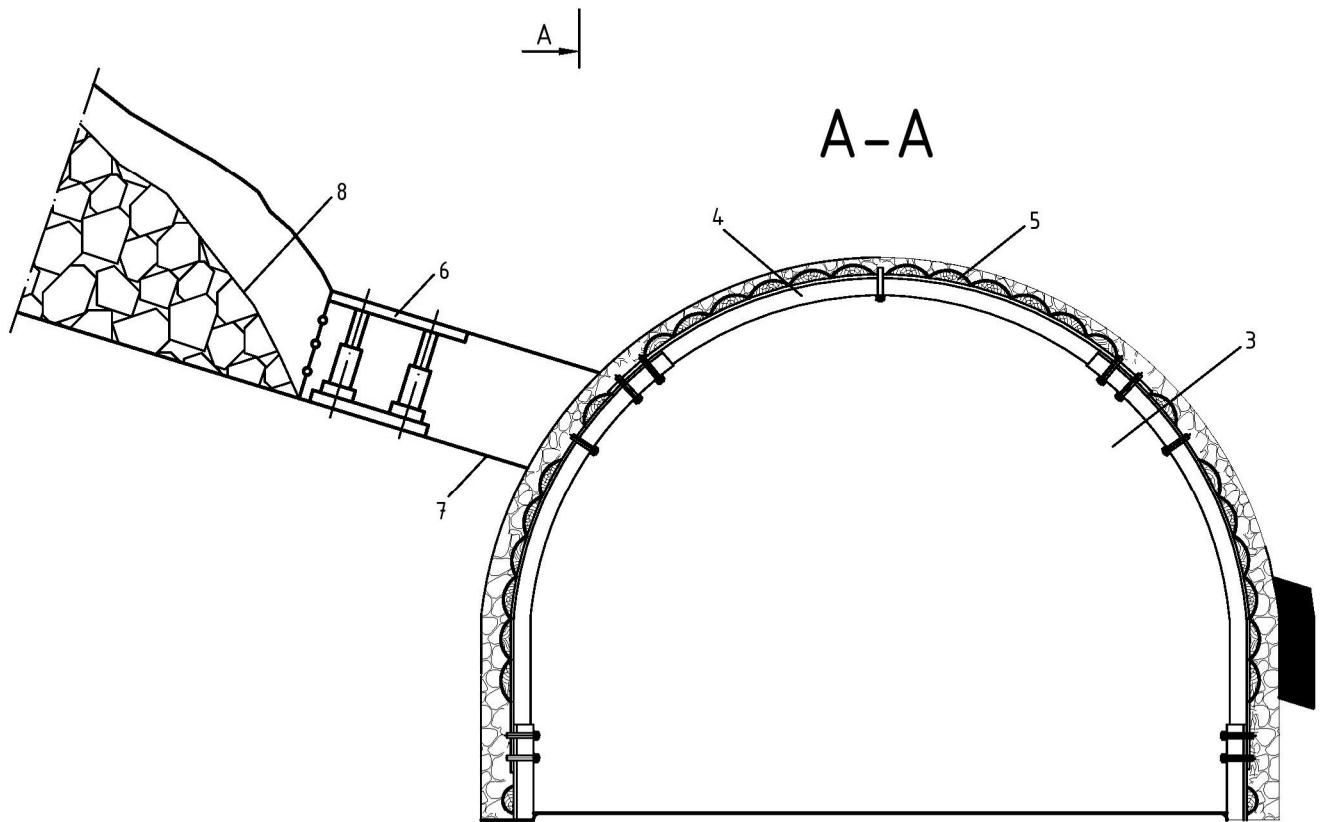
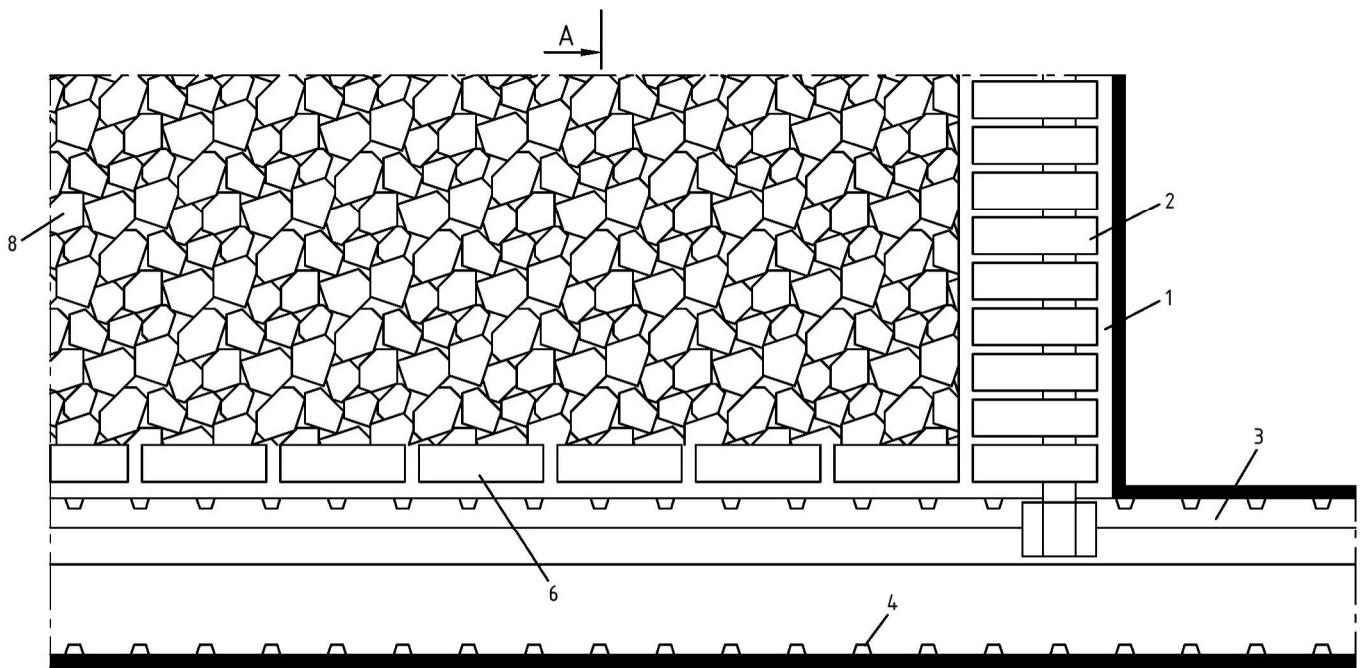


Рисунок 1.13 – Охорона виробки із застосуванням секцій механізованого обрізного кріплення

- 1 – лава
- 2 – механізоване кріплення
- 3 – підготовча виробка
- 4 – кріплення підготовчої виробки
- 5 – затягування
- 6 – механізоване обрізне кріплення
- 7 – дерма
- 8 – вироблений простір

Охорону повторно використовуваної виробки, яку кріплять кріпленням 4 із затягуванням 5, забезпечують секціями механізованого обрізного кріплення 6, що встановлюється на бермі паралельно підготовчої виробці на границі з виробленим простором. Кількість секцій в комплексі обрізного кріплення повинна бути більше кроку вторинної посадки основної покрівлі у виробленому просторі 8 і дорівнювати 14 – 20 кроків обвалення [6]. Недоліком даної схеми є велика трудомісткість в монтажі даного способу.

Згідно схеми, зображеної на рис. 1.14, охоронна смуга складається з з/б блоків 1, які встановлені між виробкою 5 і виробленим простором з утворенням ряду тумб. На верхніх блоках 1 між укладеними жорсткими прокладкам 2 і покрівлею 8 встановлені клини 3 і податлива прокладка 4. Причому клини розміщені з боку виробленого простору вершинками вгору по одній лінії. При навантаженні тумб клини впроваджуються в породи покрівлі, в результаті відбувається їх примусове обвалення [7].

Сгідно схеми, зображеної на рис. 1.15, уздовж дільничної виробки на відстані 0,4 – 0,6 м від неї в покрівлю розроблюваного пласта вершиною встановлюється перекриття 1 клинової форми і розкріплюється. Далі під перекриттям зводять опалубку 2 з щитів. У щитах опалубки передбачаються вікна 3, в яких вставляють сопла магістралі 4 для нагнітання швидкотвердіючого матеріалу.

В результаті виходить клиноподібна лита смуга. При прояві гірського тиску покрівля виробленого простору стикається з перекриттям, що виконує роль ножа, внаслідок чого відбувається обрив зависаючих порід виробленого простору [8]. Недоліком даного способу є витрати для швидкотвердіючого матеріалу.

Зростання гірського тиску (рис. 1.16) податливі прокладки 9 знімають і збільшують величину фрикційного зв'язку податливих прокладок 9 і гнучкого зв'язку 7. За рахунок цього збільшується зусилля прослизання верхнього елемента кріплення щодо нижнього [9].

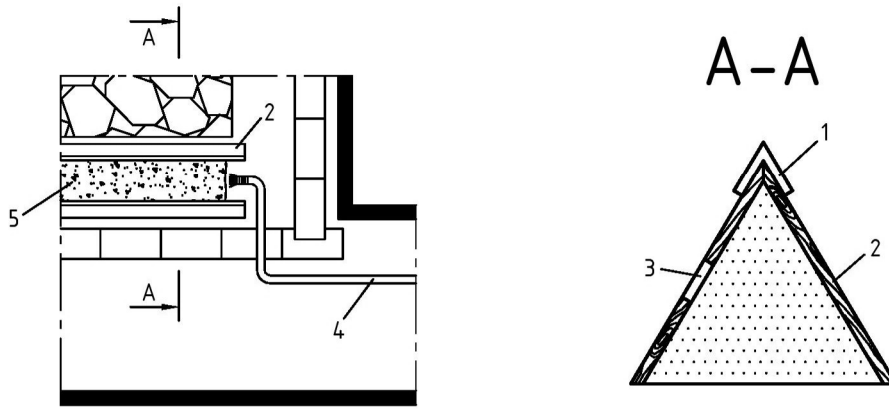


Рисунок 1.15 - Застосування литої смуги для забезпечення стійкого стану прилеглої до лави виробки

- 1 - перекриття клинової форми
- 2 - опалубка з щитів
- 3 - вікно
- 4 - магістраль
- 5 - лита смуга

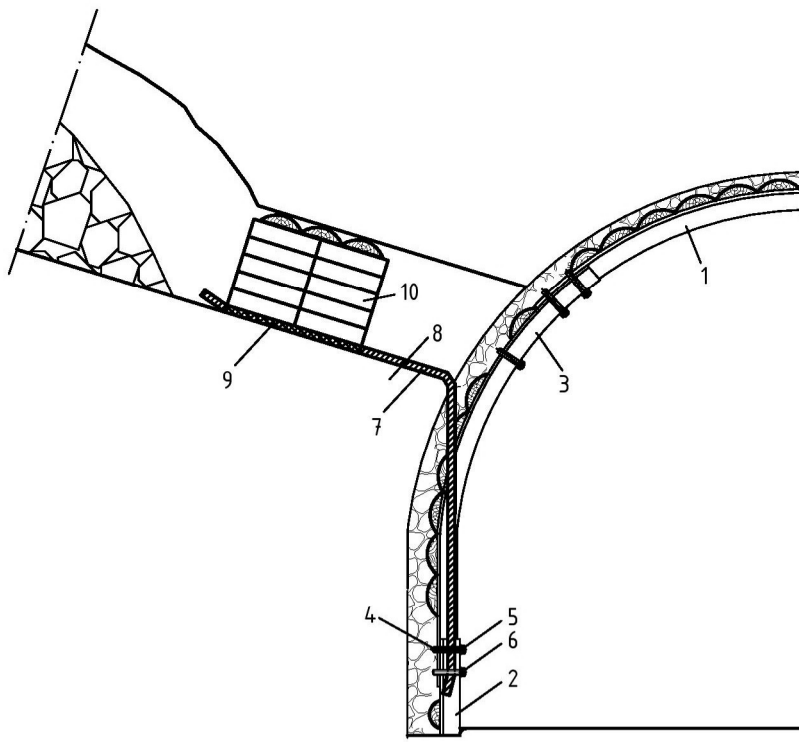


Рисунок 1.16 - Спосіб підтримки виробки із застосуванням гнучкого зв'язку між охоронною смугою і рамним кріпленням

- | | |
|-------------|-------------------------|
| 1 - верхняк | 6 - болт |
| 2 - стійка | 7 - гнучкий зв'язок |
| 3 - стійка | 8 - підшва |
| 4 - хомут | 9 - податлива прокладка |
| 5 - болт | 10 - БЗБТ |

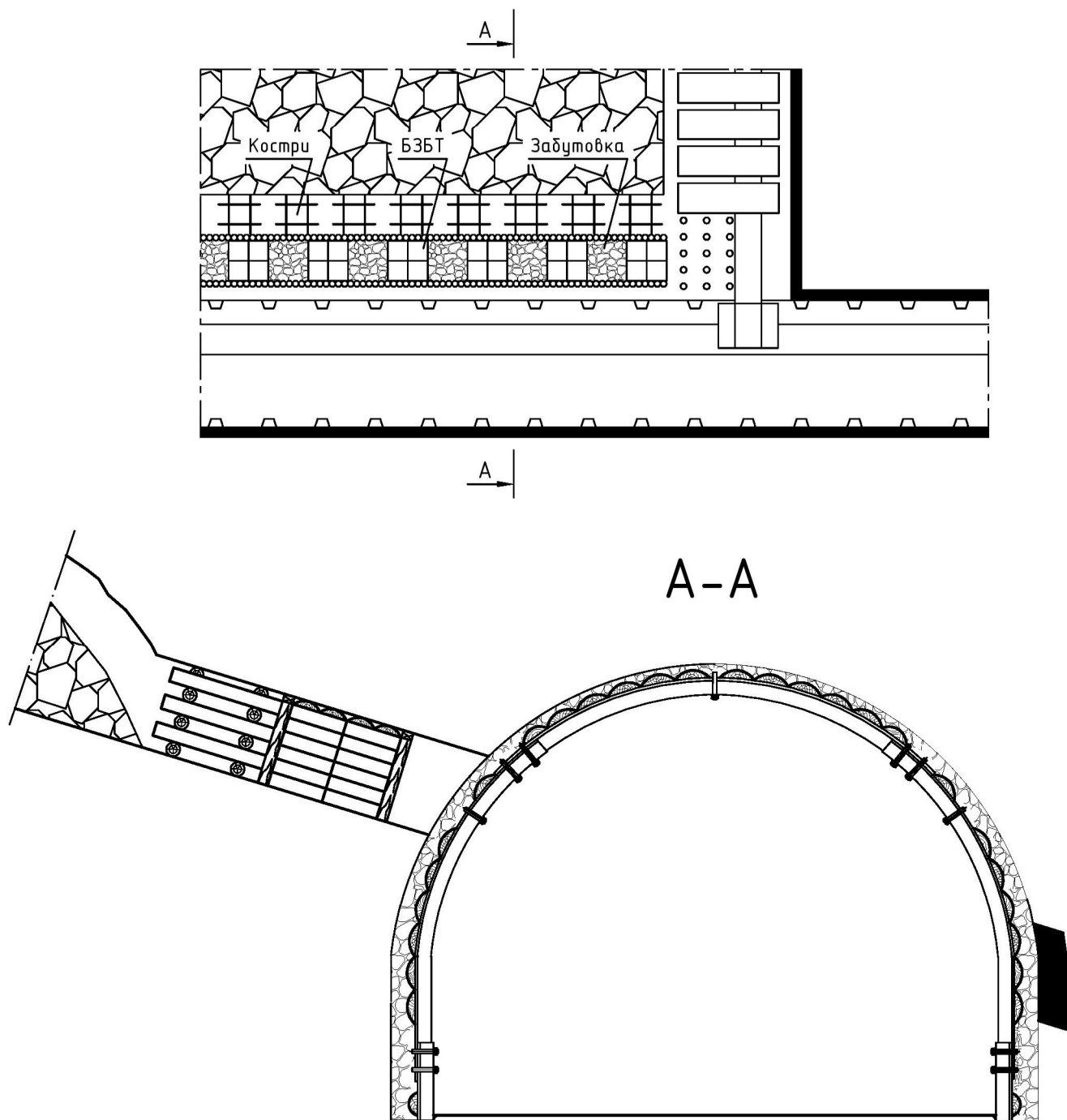


Рисунок 1.17 - Схема охорони виробки кострами та стінками з БЗБТ з заповненням порожнин породою

Охоронні опори у вигляді тумб із залізобетонних блоків (БЗБТ) мають зайву податливість, а також недостатню несучу здатність (рис. 1.18) [10]. Незадовільний стан штреків викликає необхідність виконання в них трудомістких і дорогих ремонтних робіт, що призводить до різкого зниження навантажень на очисні вибої, погіршує умови провітрювання і знижує безпеку ведення гірських робіт.

Між шарами блоків залагоджують в спеціальні відформовані виїмки циліндричні прокладки у вигляді дерев'яних стійок [11]. Тим самим забезпечивши податливість охоронного елемента по висоті.

Недоліком є труднощі зведення бетонних блоків, а так само обмеження області застосування по куту падіння і потужності пласта.

Зміцнення порід виробки виробляють до підходу очисного вибою через відстань, рівну кроку обвалення основної покрівлі у вигляді пояса, при цьому після перетину лавою пояси в місцях виїмки пласта порід під поясом встановлюють жорстке кріплення (рис. 1.19) [12].

Наведені способи охорони прилеглих до лави виробок поділяють на 3 групи. До першої групи належать способи охорони із змінною жорсткістю по довжині виробки, до другої групи із змінною жорсткістю по ширині виробки і до третин із змінною жорсткістю по висоті виробки.

1.3 Мета і задачі дослідження

Мета дослідження – обґрунтування способу охорони дільничних виробок пл. k_8 в умовах ш. "Карбоніт".

Задачі дослідження:

- проаналізувати існуючі способи охорони і підтримання повторно використовуємих виробок;
- розглянути нові напрямки по створенню ефективних засобів охорони і підтримки дільничних виробок;

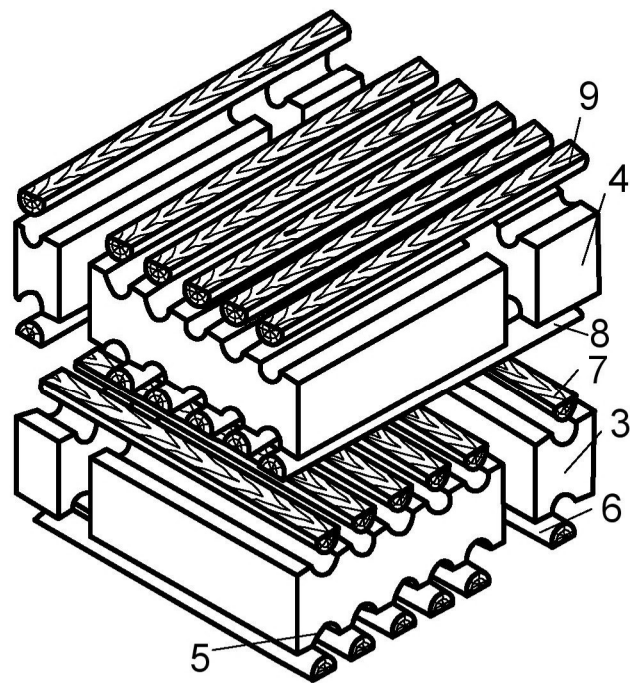
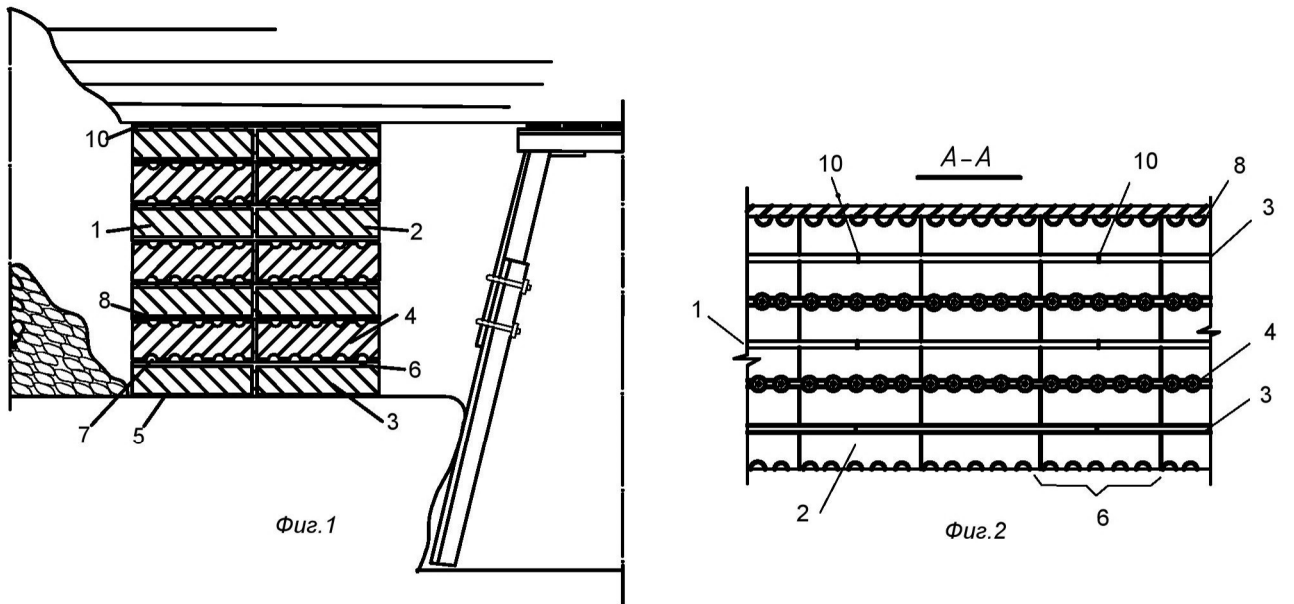


Рисунок 1.18 - Схема охорони виробки з використанням відформованих бетонних блоків з дерев'яною циліндричною прокладкою між ними

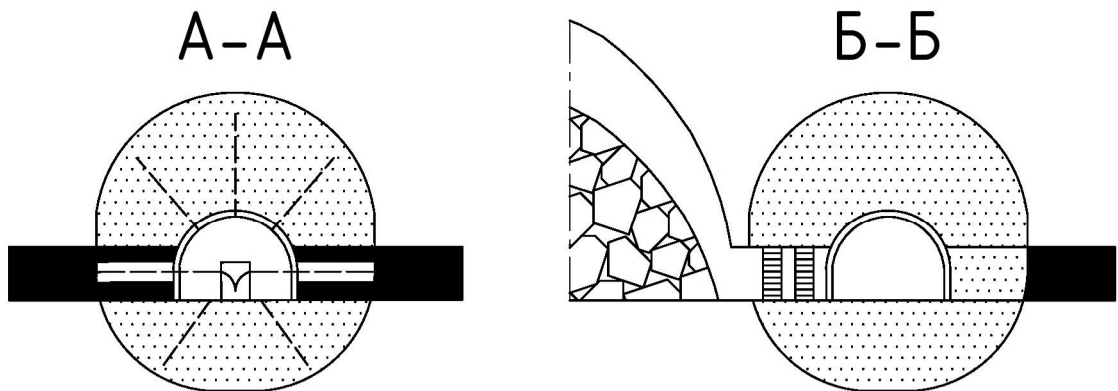
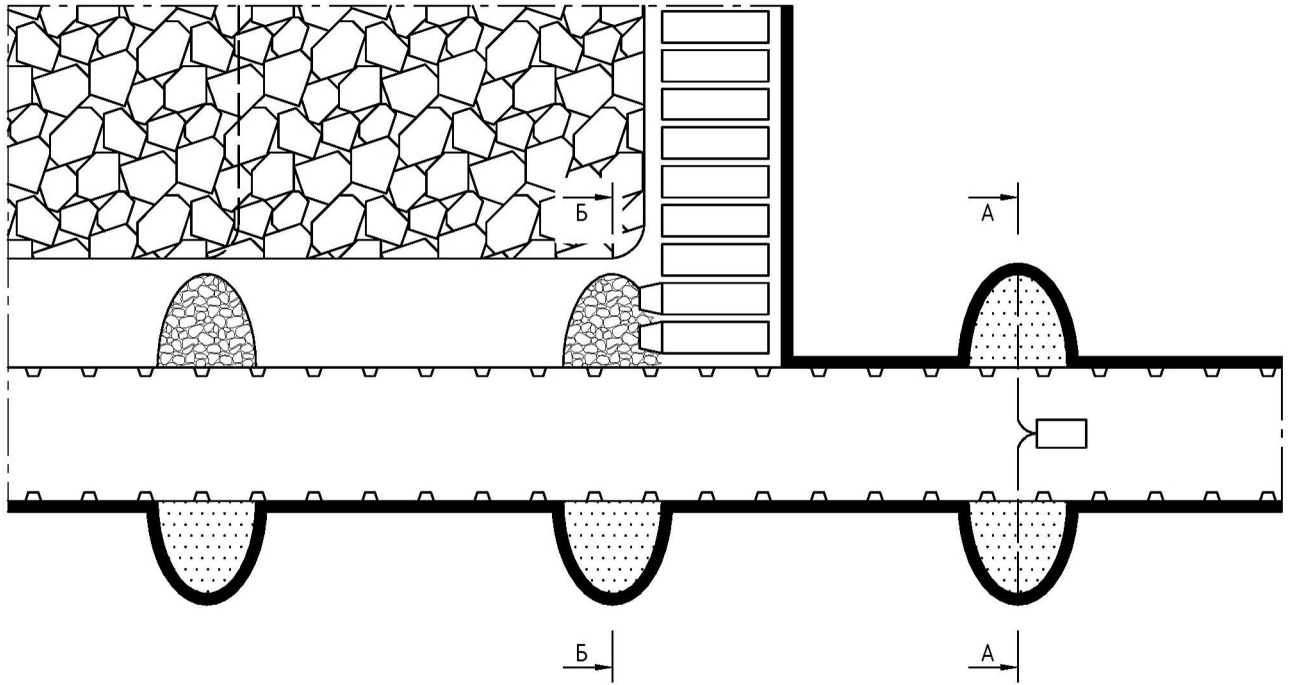


Рисунок 1.19 - Спосіб підвищення стійкості виробок

- встановити параметри проявів гірського тиску в повторно використовуваних виробках;
- провести натурні спостереження за станом дільничних виробок пл. k_8 ;
- розробити технологічні схеми охорони дільничних виробок;
- розрахувати економічну ефективність від застосування запропонованого способу охорони.

2 ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОХОРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЩУЮЧИМИСЯ ПОРОДАМИ НАВКОЛО ВИРОБКИ

2.1 Фактори, що впливають на інтенсивність зміщення порід і деформацію кріплення

Першопричиною всіх проявів гірського тиску є напружений стан гірських порід на контурі виробку й у масиві. Основні форми прояву гірського тиску у виробках – зсув породного контуру й тиск на кріплення. Значення цих величин залежить від багатьох взаємовпливаючих факторів, основними з яких є: глибина розробки, фізико-механічні властивості порід, тип і конструкція кріплення, спосіб охорони виробки, наявність очисних робіт і інші.

Гострота проблеми керування геомеханічними процесами зі збільшенням глибини підземної розробки вугільних пластів, особливо для забезпечення стійкості підготовчих виробок, сполучених з лавами, зберігається [13]. Традиційні способи охорони й підтримки цих виробок при різних варіантах підвищення опірності й піддатливості застосовуваних конструкцій огорожень і кріплення в комбінації зі штучно створюваними локальними зонами розвантаження породовугільного масиву не завжди забезпечують експлуатаційний стан. Ці обставини, насамперед, пов'язані з підвищенням інтенсивності асиметрично формованої по периметру оголення навантаження на підтримуючі виробки, основні несучі елементи рамного металевого кріплення, анкери, перекриття між ними, стійки посилення (ремонтини) і інші допоміжні опорні й зміцнюючі засоби. При цьому прояви гірського тиску супроводжуються руйнуванням під охоронними спорудженнями утвореного при проведенні виробки із присічкою покрівлі або підосви породних уступів і крайової частини вугільного масиву, а також видавлюванням підосви. Локалізація видавлювання ґрунту шляхом укладання на підосві виробки опорних елементів, а також створення в ній

розвантажувальних порожнин обмеженого обсягу, як правило, не дає ефективних результатів.

Не випадково на вугільних шахтах Українського Донбасу, що розробляють пологопохилі пласти, стійко прослідковується тенденція збільшення погашаємих слідом за проходом лави виробок, частка яких по довжині від загального обсягу прилеглих до лав виробок вже становить майже 72% [14].

До основних напрямків реалізації створення більш сприятливих геотехнічних умов тривалого збереження сполучених з лавою підготовчих виробок слід віднести розміщення їх у зонах великого природнього розвантаження породного масиву від вихідних напруг, рівних γH (де H – видалення виробки від земної поверхні, γ – середньозважена величина питомої об'ємної ваги порід, що складають товщу порід). При коефіцієнті концентрації цих напруг $DO < 1$ і $DO > 1$ мають місце зони відповідно зниженого (розвантаження) і підвищеного напруг. Поширення цих зон на рівні пласта визначається шириною й видаленням їх від крайки вугільного масиву в межах останнього й виробленого простору [15]. За рахунок перерозподілу ваги осідаючих у процесі зрушення, що оголюється лавою масиву на природні опори (приконтурною частина вугільного шару, що й ущільнюються завалені у виробленому просторі породи покрівлі) зазначені розміри змінюються в часі: ширина опорної зони (бічного тимчасового опорного тиску) у вугільному масиві в міру подвигання лави збільшується й після загасання цього процесу залишається майже постійною величиною, ширина зони розвантаження в межах виробленого простору зменшується.

Домінуючим фактором, що визначають стійкість проведених у зонах природнього розвантаження виробків, є ступінь ослаблення вугленосної товщі, під впливом геомеханічних процесів, що формують наведені, відмінні від вихідних структурно-прочностні властивості. У цьому зв'язку необхідно враховувати тривалість процесу зрушення масиву [16], кратність його підробітку й активізації при дискретному (на довжину лави) збільшенні

ширини виробленого простору [17]. У запобіганні впливу процесу зрушення на напружно-деформований стан порід навколо розташовуваних у зонах природнього розвантаження масиву виробків, проведення їх повинне здійснюватися після повного загасання цього процесу, що забезпечує стабілізацію деформації, руйнування й ущільнення породних шарів [18], що сприяють розсіюванню, зниженню напруг у поле їх впливу при оголенні цього середовища.

У загальному комплексі розв'язку питання повторного використання прилягаючих до лави виробків при відпрацьовуванні вугільних шарів з урахуванням способу підготовки й системи їх розробки необхідно виходити з: обґрунтування границь і ступені впливу очисних робіт на стадійну зміну структурно-прочностних властивостей порід у зонах розвантаження; вибору й забезпечення методів, способів і засобів впливу на геомеханічну обстановку, включаючи супровід втрат поперечного переріза цих виробків при нарощуванні площі виробленого простору; оцінки стану порід, деформації контуру кріплення й огорожувальних опор; аналізу в цілому й виводів по ефективності прийнятих технічних засобів, технологічних заходів. При цьому також необхідно максимально використовувати особливості деформаційних процесів, що відбуваються навколо сполучення очисної й підготовчої виробків, спільний вплив охоронних і підтримуючих елементів на деформацію породовугільного середовища. Для створення геотехнічних умов безремонтної підтримки розглянутих виробків використовуються й розробляються різні технології адаптивної взаємодії бічних порід з опорами, спільної роботи підтримуючих і охоронних елементів з урахуванням зміцнення порід по контуру оголення анкерами [19].

У якості засобів підтримки використовуються, як правило, рамні металеві кріплення зі спецпрофіля типу КМП-А й КМП-Т відповідно до аркової й трапецієподібної форм у комбінації по твердості й піддатливості з огороженнями типу: БЗБТ породні смуги, що твердіють литі й, і інші конструкції опор, не виключаючи їх різні комбінації. Зокрема, на глибоких

антрацитових шахтах у силу, насамперед, інтенсифікації геомеханічних процесів різні опорні засоби не завжди забезпечують схоронність виробків для їхнього повторного використання. Тому останні слідом за проходом лави з відставанням від неї на 8-12 м погашаються, а іноді навіть без добування кріплення. У цьому випадку зосереджує увага на забезпечення стійкості сполучення лави з виробком при використанні тимчасових охоронних опор (частіше дерев'яних багать і органному кріплення). При необхідності виносу приводних головок скребкового конвеєра лава на виробок і виникнення утруднень при підтримці її сполучення з останньої на практиці в якості тимчасових природніх опор використовують також невеликих розмірів (3x4 м) технологічні цілики вугілля [20].

2.2 Встановлення параметрів проявів гірського тиску в повторно використовуваних виробках

Розрахунки стійкості підземних виробок завжди сполучені з визначенням зсувів їх контуру, які обумовлені дезінтеграцією порід за його межами. Для цього необхідно мати у своєму розпорядженні параметричні характеристики зональної зміни напружено-деформованого стану гірського масиву навколо виробки.

Особливості техногенних змін навколо виробки викликані, насамперед, синтезом неадекватних проявів гірського тиску в очисній і сполученій з нею підготовчій виробках. У цьому зв'язку мінливу в часі геомеханічну систему «гірський масив – лава – виробка» доцільно розглядати на певний момент із переходом від загальних її дезінтеграційних характеристик до часток, що відбивають результативність впливу визначальних факторів на характеристики проявів гірського тиску й стан виробки. Складність кінетики розглянутої системи не дозволяє дати їй точну параметричну оцінку у всьому різноманітті й взаємовпливі факторів, тому при її дослідженні слід обмежитися певними вихідними умовами з урахуванням пріоритету

натурних спостережень, відповідних до існуючих вистав про поведінку підробляемого вуглемісного гірського масиву. Геомеханіка процесу розглядається в умовах розробки тонких пологих пластів глибоких вугільних шахт при фланговому розташуванні сполученої з лавою підготовчої виробки, способі її охорони за схемою «вугільний масив – штучна опора» і супроводжується конкретними прикладами визначення розрахункових величин основних параметрів, що характеризують дезінтеграцію порід і вугільного пласту навколо виробки в умовах антрацитових шахт Донбасу.

У цей час на базі натурних спостережень і моделюванні найбільше повно розглянуті питання зональної дезінтеграції порід навколо капітальних виробок [21, 22].

Закономірність зміни інтенсивності зсуву бічних порід у виробку під впливом гірського тиску загальновідома (рис. 2.1). Оголення гірського масиву у виїмковій виробці (вісь X) при її проведенні зі швидкістю VB , а також у лаві (вісь Y) при швидкості її просування $V_{л}$, супроводжуються характерними для кінетики системи періодами й відповідними їм ділянками дезінтеграції порід навколо підготовчої виробки, що відрізняються швидкістю їх вертикальних зсувів (вісь Z) по підтримуваному контуру. До цих ділянок слід віднести: нагромадження енергії ($b_{вн}$, $b_{лн}$) з наростанням напруг і перевагою пружних деформацій; активні зсуви ($b_{ва}$, $b_{ла}$) з переходом порід у граничний стан; спад деформацій ($b_{вз}$, $b_{лз}$) з утвором усіх дезінтеграційних зон за контуром оголення порід при загасанні зсувів або їх стабілізації, для яких властиво майже повне припинення зсувів (лінії 1) або їх постійне збільшення в часі (лінії 2). Фаза дезінтеграції порід, як у підготовчій, так і очисній виробках (відповідно ділянки $b_{вп}$ і $b_{ло}$), носить змінний характер, стаціонарна ($b_{всі}$ і $b_{лс}$) – постійний.

Щодо лінії очисного вибою, розглядаються наступні деформаційні періоди й відповідні їм ділянки по довжині виїмкової виробки: I – поза впливом очисних робіт (b_i); II – у зоні фронтального опорного тиску (b_{ii}); III , IV і V – відповідно інтенсивність, що загасають і стабілізованих зсувів (b_{iii} , b_{iv} , b_v).

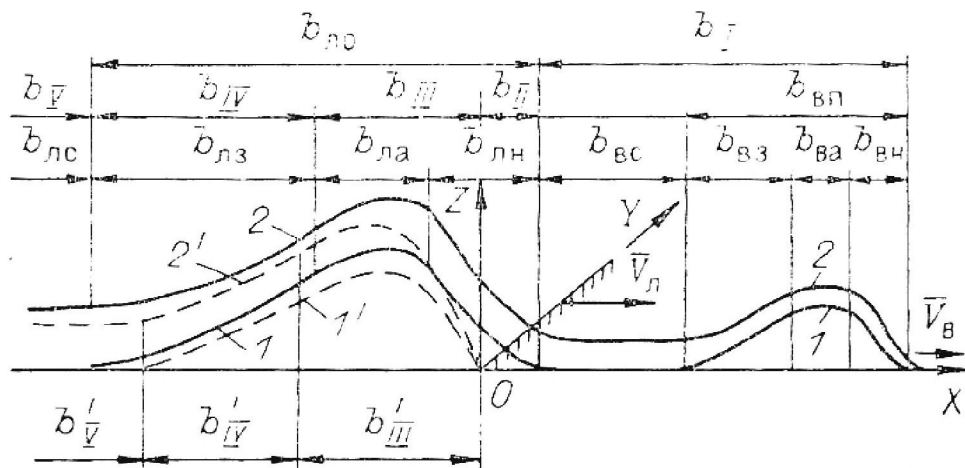


Рисунок 2.1 – Закономірність зміни інтенсивності зсуву бічних порід у виробку щодо її вибою, що рухається, під впливом гірського тиску

Параметри опорного тиску, що відбивають зміну напруг σ_x^M у межах частини, що виймається, вугільного масиву щодо лінії, що рухається, очисного вибою, і їм подібні σ_y^M у бічній зоні, а також положення опорного контуру у виробленому просторі, що характеризується величинами його видалення від крайки вугільного шару й відновлюваними напругами σ_x^B і σ_y^B , залежать від особливостей зрушення підроблюваного масиву. На рис. 2.2 представлено три узагальнені варіанти можливих положень у площині пласта, що виймається, одних зі складових опорних контурів: максимуму опорного тиску, σ_{yt}^M , на видаленні від лінії очисного вибою у вугільному масиві відповідно b_m , l_m (криві f' , f'' і f''') і границь змикання бічних порід у виробленому просторі на видаленні від зазначених крайок вугільного шару B и L (криві ω' , ω'' і ω''').

Дезінтеграційні процеси, що відбуваються в межах опорних зон і між ними, визначають загальну закономірність формозміни виїмкової виробки щодо очисного вибою, що рухається (рис. 2.1, 2.2). У виробці на кінці ділянки b_{III} вплив на неї опорного контуру рухливого вугільного масиву припиняється.

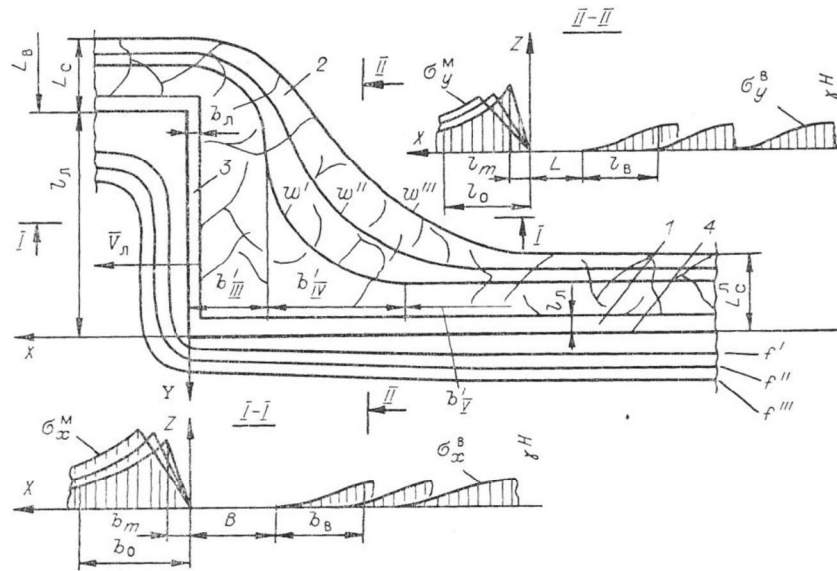


Рисунок 2.2 – Вилучення вугільного пласту лавою

При прояві ефекту видавлювання ґрунту дезінтеграція порід покрівлі стабілізується й істотного впливу на втрату перетину підтримуваної виробки не виявляє. Раніше зруйновані породи покрівлі, як правило, властивості повзучості втрачають, що часто підтверджується на практиці. З моменту стабілізації процесу зсуву й до повної втрати перетину виробки, супроводжуваного інтеграцією порід навколо неї, слід очікувати наближення природніх опорних контурів до виробки аж до зникнення останніх. Як показують шахтні спостереження при відновленні виїмкових виробок, а також при проведенні підготовчих виробок, в умовах глибоких шахт Донбасу, що розробляють вугільні пласти з породами, що вміщують, II і III груп метагенезу, порожнеча в межах їх перетину зберігається навіть після тривалого простою.

Довжина прольоту незмикання порід покрівлі й ґрунту L як інтегральний параметр, що відбиває геомеханічну ситуацію в системі «гірський масив – лава – виробка», може бути покладений в основу визначення основних величин. Схема визначення даного параметра представлена на рис. 2.3.

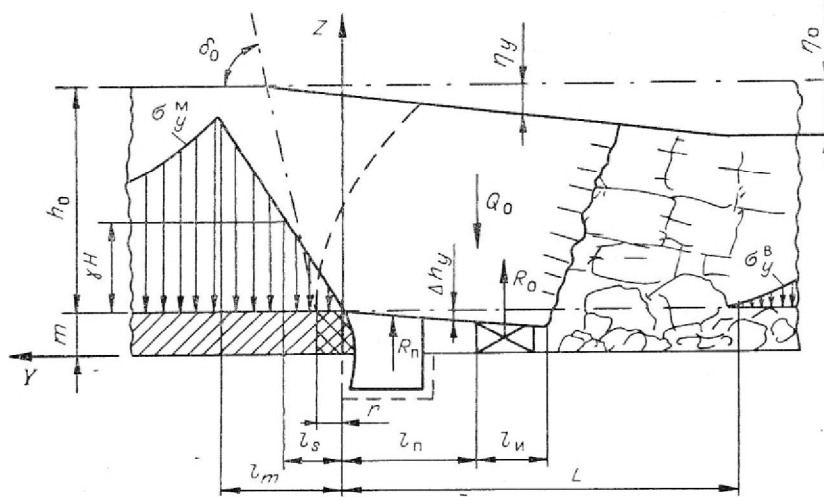


Рисунок 2.3 – Положення природніх опорних контурів, що формують навантаження на охоронне й підтримуюче кріплення

У роботі [23] представлено послідовне визначення коефіцієнта максимальної концентрації напруг.

$$k \sqrt[3]{0,5k_s + \sqrt{0,25k_s^2 - 0,37}} + \sqrt[3]{0,5k_s - \sqrt{0,25k_s^2 - 0,37}}, \quad (2.1)$$

Для визначення напружено-деформованого стану цілика необхідно здійснити розрахунок по методу граничних станів.

З позицій теорії граничного стану розрахунки цілика (будь-якого призначення) методично складається з розв'язку двох завдань: визначення фактично діючої на цілик навантаження (завдача теорії пружності) і знаходження несучої здатності цілика заданої форми й розмірів (завдання теорії пластичності) [24]. Коефіцієнт запасу міцності цілика знаходимо шляхом розподілу граничного навантаження на фактично діючу. Фактично діюча на цілик навантаження буде відоме, якщо знайдений розподіл вертикальних пружних напружень по середньому перетину цілика.

Розподіл пружних напружень у цілику можна встановити експериментально, наприклад, методом фотопружності або аналітично за допомогою теорії пружності. Як показують практика й розрахунки, розподіл

фактично діючих напруг, в основному, залежить від глибини розробки, розмірів цілик і виробленого простору й меншою мірою – від властивостей матеріалу цілики.

Несучу здатність цілика (граничне навантаження) знаходять розрахунками граничних напруг за допомогою теорії граничної рівноваги. Розподіл граничних напруг (плоска задача) не залежить від таких параметрів розробки, як глибина розробки, розмір виробленого простору, а зв'язане винятково із прочностними властивостями матеріалу цілики, його формою, співвідношенням розмірів і умовами на контактах цієї цілики з породами, що вміщують. У якості теорії міцності в методі граничного стану використовується теорія Морю. Умовою руйнування служить, що обгинає граничних кіл напруг у формі похилої прямій [25].

Згідно із принципом суперпозиції, для одержання повної картини напруженого стану тіла розподілу напруг, що виникають під дією зовнішніх сил, можна скласти окремо й одержати розподіл напруг при одночасній дії цих зовнішніх сил. Покладається, що первісний напружений стан гірського масиву не є гідростатичним, а підкоряється гіпотезі акад. А.Д. Динника.

У випадку кругового отвору пружні напруження довкола нього перебувають по відомих формулах [26]. Для визначення навантаження на цілики необхідно знати тільки вертикальні напруги σ_θ .

Отже,

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma \cdot H}{2 \cdot (1 - \mu)} \left[\left(1 + \frac{r^2}{b^2} \right) + (1 - 2\mu) \cdot \left(1 + 3 \frac{r^4}{b^4} \right) \right], \quad (2.2)$$

або через коефіцієнт концентрації напруг:

$$\frac{\sigma_\theta}{\gamma \cdot H} = k = \frac{1}{2 \cdot (1 - \mu)} \left[\left(1 + \frac{r^2}{b^2} \right) + (1 - 2\mu) \cdot \left(1 + 3 \frac{r^4}{b^4} \right) \right], \quad (2.3)$$

де H – глибина розробки;

γ – щільність породи;

r – радіус отвору;

b – поточний радіус (відстань від центру отвору до розглянутої крапки по лінії середини цілики);

μ – коефіцієнт Пуассона.

Площа перетину очисної виробки замінюється еквівалентної їй площею кругового отвору з радіусом R , а площа перетину підготовчої виробки – площею кругового отвору r . По формулі (2.3) обчислюються значення коефіцієнтів концентрації напруг для різних відносин r/b ; R/b (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Обчислення коефіцієнтів концентрації напруг

$r/b; R/b$	$R^2/b^2; R^2/b^2$	$R^4/b^4; R^4/b^4$	$\sigma\theta/\gamma H=k$
0	0	0	1
0,1	0,01	0,0001	1,0068
0,2	0,04	0,0016	1,029
0,3	0,09	0,0081	1,071
0,4	0,16	0,0256	1,136
0,5	0,25	0,0625	1,232
0,6	0,36	0,1296	1,368
0,7	0,49	0,2401	1,555
0,8	0,64	0,4096	1,8075
0,9	0,81	0,6561	2,14
1,0	1,0	1,0	2,57

На рис. 2.4, а показаний приклад розподілу коефіцієнтів концентрації напруг по горизонтальному перетину, що проходить через центри отворів.

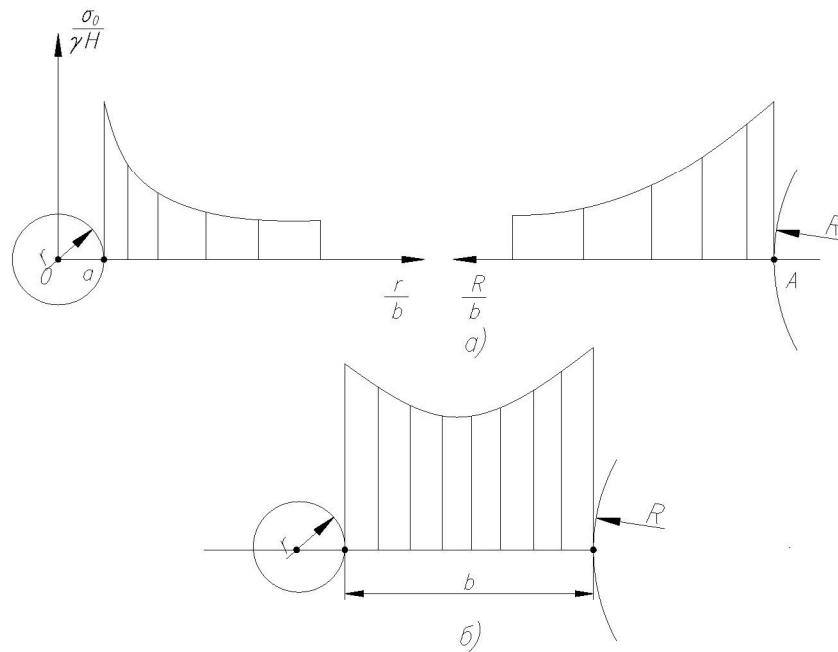


Рисунок 2.4 – Розподіл коефіцієнтів концентрації напруг

Для знаходження сумарного розподілу коефіцієнтів концентрації напруг при фіксованому значенні b (ширина цілика), надходять у такий спосіб. Знаходять відношення $\frac{r}{b}$ й сполучають крапку A (крайка очисного вибою) із крапкою, відповідної до отриманого відношення.

Далі роблять підсумовування коефіцієнтів концентрації напруг у відповідних крапках. Щоб не відбулося додавання первісного напруженого стану масиву $\sigma_y^0 = \gamma \cdot H$ ($K^0 = \sigma_y^0 = \gamma \cdot H = 1$) двічі, з остаточних величин ординат $\sigma_\theta / \gamma \cdot H = K$ до слід відняти 1.

На рис. 2.4, б показаний приклад побудови епюри сумарних коефіцієнтів концентрації напруг. Фактично діюче на цілик навантаження відповідає площі епюри. Її обчислюють як суму площ трапецій:

$$\sum_1^n \frac{\sigma_\theta}{\lambda \cdot H}; \quad (2.4)$$

Аналогічно перебувають навантаження й для інших значень b (ширини цілика). На цьому завдання теорії пружності, стосовно до конкретного питання, вважається вирішеною.

Розв'язок другого завдання розглядається для випадку повного зчеплення на контактні вугілля з породами, що вміщують. На рис. 2.5, а показані області, обмежені лініями ковзання, у яких слід знайти їхню несучу здатність.

На ділянці АВ, що примикає до стінки цілика, граничне навантаження визначається по формулі:

$$P_1 = \sigma_{сж} \cdot 0,5h \cdot \text{ctg}\mu; \quad (2.5)$$

де $\sigma_{сж}$ – міцність вугілля на одноосьовий стиск;

h – висота цілики;

μ – кут між горизонталлю й лінією ковзання, що обмежує зону з найпростішим убраним станом;

$$\mu = 0,25\pi + 0,5\rho \quad (2.6)$$

Для прямолінійної, що обгинає найбільших кіл Мору:

$$\sigma_{сж} = 2K \cdot \cos\rho (1 - \sin\rho)^{-1}; \quad (2.7)$$

де DO – коефіцієнт зчеплення вугілля;

ρ – кут внутрішнього тертя вугілля.

Таким чином,

$$P_1 = 2K \cdot \cos\rho (1 - \sin\rho)^{-1} \cdot 0,5h \cdot \text{ctg}(0,25\pi + 0,5\rho). \quad (2.8)$$

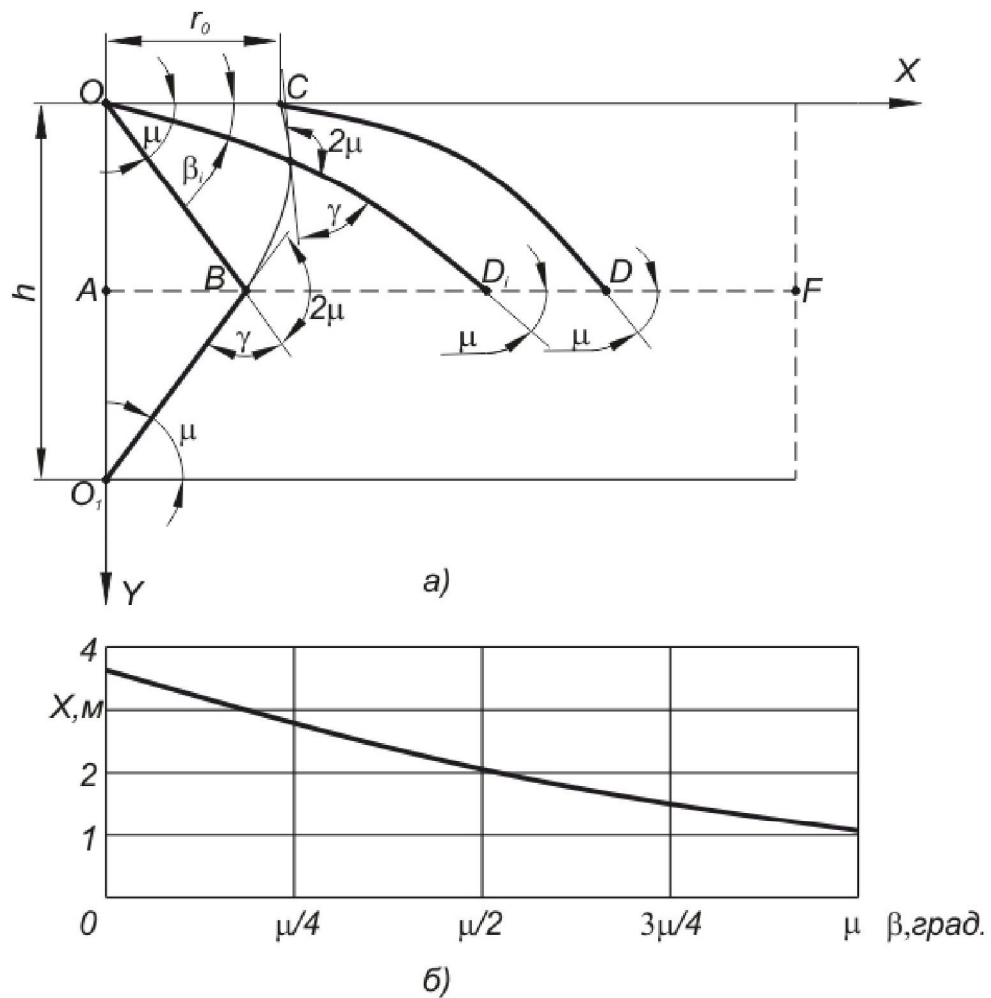


Рисунок 2.5 – Области граничного стану стислого цілика (а) і графік (б) для знаходження координати

Граничне навантаження на ділянці Bd_i визначається шляхом підсумовування граничних напруг і має значення

$$P_{BD_i} = P_2 = \frac{\sigma_{сж} \cdot h}{2} \left[\frac{1 + \sin \rho}{4 \sin \rho \cdot \operatorname{tg} \rho} (\exp[4 \operatorname{tg} \rho (\mu - \beta_i)] - 1) - \frac{1 - \sin \rho}{\sin \rho} (\mu - \beta_i) \right]; \quad (2.9)$$

де: β_i – кут між зоною найпростішого напруженого стану й вище і нищележащими породами, $0 \leq \beta_i \leq \mu$.

Якщо $\beta_i=0$, що справедливо для крапки середньої лінії цілика з абсцисою, рівною x_d , то вираження (2.9) має вид:

$$P_2^0 = \frac{\sigma_{сж} \cdot h}{2} \left[\frac{1 + \sin \rho}{4 \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \rho} [\exp(4 \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \mu) - 1] - \mu \cdot \frac{1 - \sin \rho}{\sin \rho} \right]. \quad (2.10)$$

Для знаходження значення β_i необхідно обчислити з інтервалу $0 \leq \beta_i \leq \mu$ ряд значень x_i , згідно із залежністю:

$$x_{Di} = \frac{h}{2} \left\{ \begin{array}{l} \operatorname{ctg} \varphi + \frac{\exp[(\pi - \varphi) \operatorname{ctg} \mu]}{\sin(\pi - \varphi)} + \frac{\sin \beta}{\sin \mu} \cdot \exp[(\beta - \mu) \operatorname{ctg} \gamma] \cdot \\ \left[\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \varphi - \frac{\exp[(\pi - \varphi) \operatorname{ctg} \mu]}{\sin(\pi - \varphi)} \right] \end{array} \right\}; \quad (2.11)$$

де $\varphi = \mu + \gamma + \beta$. Кут $\gamma = 0,5\pi - \rho$.

Попередньо складається таблиця для обчислення x_i при фіксованих значеннях β_i (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Обчислення x_i при фіксованих значеннях β_i

β_i , гради.	x_{di} , м
$\mu=56$	1,01
$3/4 \mu=42$	1,6
$\mu/2=28$	2,2
$\mu/4=14$	2,9
0	3,7

На підставі табл. 2.2 будується графік залежності $x_i = f(\beta_i)$, (рис. 2.5, б). Відкладаючи по осі ординат значення пів ширини цілика й проводячи

горизонтальну лінію до перетинання з кривою $x_i = f(\beta_i)$, знаходимо на осі абсцис значення β_i .

Граничне навантаження P_3 за крапкою D визначається по формулі:

$$P_3 = \frac{\sigma_{сжс} \cdot h}{2} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 + \sin \rho}{2 \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \rho} \cdot \frac{\exp(4\mu \cdot \operatorname{tg} \rho)}{2\mu \cdot \operatorname{tg} \rho + 1} \left[\exp \left[2 \cdot \operatorname{tg} \rho (2\mu \cdot \operatorname{tg} \rho + 1) \cdot (x - x_D) \cdot h^{-1} \right] - 1 \right] - \\ - \frac{x - x_D}{h} \cdot \frac{1 - \sin \rho}{\sin \rho} \end{array} \right\} \quad (2.12)$$

Сумарне руйнівне навантаження для всього цілика визначається по формулі:

$$\sum P = 2(P_1 + P_2 + P_3) \quad (2.13)$$

На цьому розв'язок другого завдання по знаходженню несучої здатності цілика заданої форми й розмірів (завдання теорії пластичності) вважається закінченим.

2.3 Натурні спостереження за станом дільничних виробок пл. k_8

Натурні спостереження проводилися в 17 конвеєрному штреку 17 східної лави пл. k_8 . Умови підтримання штрека: перетин у світля: 12,4 м²; потужність пласта – 0,72 м; кут падіння пласта – 10°; кріплення штрека здійснюється кріпленням КМП А3; для охорони конвеєрного штрека застосовуються цілики шириною від 3 до 10 м.

На рис. 2.6 представлені фотофрагменти стану 17 конвеєрного штреку 17 східної лави після проходу лави.

Також були проведені заміри ширини, висоти та розрахований перетин виробки по пікетам. Результати вимірів представлені в табл. 2.3. По табл. 2.3 будуємо графіки залежності ширини, висоти та перетину по довжині виробки, які представлені на рис. 2.7.

a)



δ)



b)



a)



а)



е)



Рисунок 2.6 – Фотофрагменти стану конвеєрного штрека пл. К₈ при охороні його ціликами

Таблиця 2.3 – Результати вимірів по пікетам 17 конвеєрного штреку пл. к₈

№ пікета	Ширина, м	Висота, м	Перетин, м ²
0	3.70	2.40	7.70
1	3.65	2.60	8.30
2	3.80	2.50	8.30
3	3.20	2.35	8.00
4	3.60	2.45	7.70
5	3.75	2.80	9.40
6	3.80	2.90	9.60
7	3.80	2.90	9.60
8	3.75	2.70	8.80
9	3.70	2.80	9.00
10	3.70	2.50	8.00
11	3.75	2.70	8.80
12	3.60	2.50	7.80
13	3.70	2.30	7.40
14	3.70	2.30	7.40
15	3.75	2.80	9.10
16	3.80	2.50	8.30
17	3.70	2.15	8.00
18	3.65	2.30	7.30
19	4.00	2.40	8.40
20	3.90	2.60	8.80
21	3.80	2.60	8.60
22	3.65	2.25	7.10
23	3.70	2.15	8.00
24	3.50	2.20	7.10
25	3.00	2.10	6.60
26	3.30	2.10	6.80

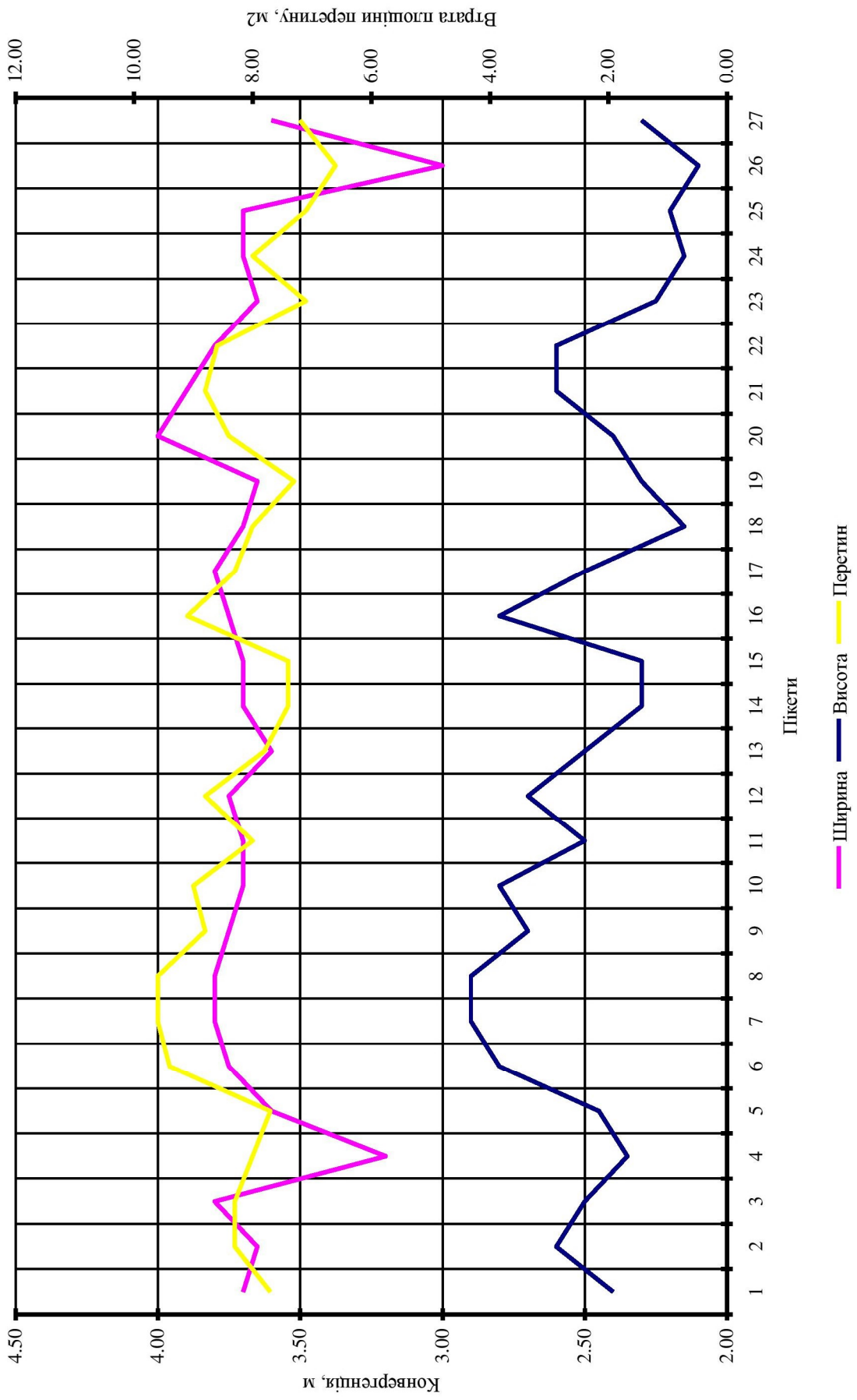


Рисунок 2.7 – Конвергенція вміщуючих порід та зміна перетину по довжині 17 конвеєрного штреку

Висновки по розділу 2

Особливості дезінтеграції порід покрівлі й вугільного пласту навколо дільничної виробки обумовлені переважним впливом асиметричних деформаційних процесів, що відбуваються внаслідок ведення очисних робіт.

Ступінь дезінтеграції порід і вугілля, як і параметри відповідних їм зон, змінні в часі й залежать не тільки від міцносних ресурсів деформованої системи, але й фазових її змін, що супроводжуються як розпушенням, так і ущільненням певної частини приробленого лавою гірського масиву.

Сукупним параметром, що впливають на процеси руйнування й ущільнення масиву навколо виробку, що перебуває під впливом очисних робіт, є граничний проліт товщі порід покрівлі, що визначає геометричні параметри контурів і інтенсивність напруг у їхніх межах.

Закономірність зниження коефіцієнта розпушення порід покрівлі й вугільного пласту з видаленням від дільничної виробки по напластованню й поперек нього близька до загасаючої експоненти.

Для розрахунків напруженого стану використовувався аналітичний метод з позиції теорії граничного стану. Аналітичний метод розв'язання задач має істотні недоліки. Наприклад, у якості першого наближення розв'язку плоскої задачі в додаткових напругах, створюваних поблизу круглого перетину малого радіуса в нескінченній пружній півплощині іншим круглим вирізом більшого радіуса. У такій постановці завдання є ряд помилок: не виконуються граничні умови, ігноруються розшарування порід, виключається динаміка опорного тиску, виключаються деформації й руйнування крайової зони очисного вибою, що змінює характер і інтенсивність опорного тиску в кілька разів.

Натурні спостереження в 17 конвеєрному штреку 17 східної лави пл. k_8 та результати вимірів показали, що при застосуванні способу охорони виробок ціликами, частина виробки знаходиться в стані, що не задовільняє вимогам ПБ по перетину та зазорам. Тобто необхідно змінити спосіб охорони виробки для можливості застосовувати її повторно.

Але необхідно не тільки спостерігати зміни стану виробок у натурних умовах. Для більш точних розрахунків необхідно використовувати метод кінцевих елементів (МКЕ).

3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (МКЕ)

3.1 Обґрунтування застосування математичного моделювання методом кінцевих елементів

Для рішення задач гірничої геомеханіки використовуються різні чисельні алгоритми рішення (метод граничних елементів, метод перемінних параметрів пружності, метод розрахунку плит, метод кінцевих елементів і т.д.). Найбільш широке застосування для розрахунку зон гірничого тиску останнім часом одержав метод кінцевих елементів (МКЕ) [26, 27]. Ідея методу полягає в наближеному рішенні варіаційного формулювання задачі, на основі якої будується зв'язок "сила-переміщення" для кожного елемента із сукупності кінцевого числа елементів, на яку розбивається досліджувана область середовища, що піддається деформації. Дискредитація суцільного середовища у виді елементів, зв'язаних кінцевим числом вузлів, дозволяє зберегти властивості середовища при визначенні напружено-деформованого стану кожного елемента. Наявність кінцевого числа вузлів зв'язків дає можливість увести співвідношення між силами, прикладеними до вузлових точок і викликуваними ними переміщеннями. Це співвідношення представляється матрицею твердості елемента [28].

Сучасні електронні обчислювальні машини дозволяють будувати математичні моделі дуже складних об'єктів і досліджувати зони ПГТ цих моделей у різних умовах [29, 30, 31]. Можливості моделювання по МКЕ на електронних обчислювальних машинах незмірно зростає в порівнянні з фізичним чи аналоговим моделюванням.

Зростаюча інтенсивність підземних розробок, збільшення їхньої глибини, включаючи в експлуатацію більш складних родовищ, висунула на

перше місце вивчення питань гірничої геомеханіки, зв'язаної зі зрушенням породних масивів [32, 33, 34]. До появи чисельних методів і широкого поширення їхнього використання з застосуванням ЕОМ традиційна геомеханіка поділялася на геомеханічні дві групи задач: опису граничного стану і деформацій об'єктів. У першу групу попадали задачі визначення несучої здатності фундаментів, стійкості укосів, насипів, гребель, підземних виробок і камер, тиску на підпірні стінки [35, 36]. До другої групи відносилися задачі розрахунку осад ґрунтових основ під навантаженнями від будинків інших споруджень, у тому числі з урахуванням фільтраційної консолідації, а також контактні задачі взаємодії споруджень із ґрунтами і прогнозу стійкості підземних виробок шляхом зіставлення напруги із прочносними властивостями порід. Ці групи задач не обходяться без розглянутих змін, що відбуваються в породному масиві, його стану з зовсім різних позицій і вимагають різні його характеристики. Для задач граничної групи характеристиками є зчеплення (C) і кут внутрішнього тертя (φ), а для задач деформаційної групи - модуль пружності (E) і коефіцієнт Пуассона (ν).

Серед різних чисельних методів механіки суцільних середовищ найбільш доскональним є МКЕ. Використання цього методу швидко зросло у всіх областях науки і техніки. Велика швидкодія й обсяги пам'яті ЕОМ привели до швидкого розвитку обсягів рішення не лінійних задач, що, як правило, зводяться до багаторазового повторення лінійних задач [37, 38].

Вихідною інформацією для виробництва розрахунків МКЕ є гірничо-геологічні дані, що визначають положення вугільних пластів і порід, що вміщують, із усіма їх структурними і морфологічними особливостями, деформаційними і прочносними характеристиками. Сутність МКЕ полягає в тім, що розглянута суцільна область представляється у виді дискретного середовища, що складається із сукупності кінцевого числа окремих елементів, зв'язаних у вузлових точках кінцевим числом зв'язків [39, 40].

Таке представлення суцільного середовища у виді елементів окремих розмірів і форми дозволяє зберегти властивості первісного середовища при визначенні деформацій і напруг у кожному його елементі. Наявність вузлових зв'язків елементів дає можливість проаналізувати "роботу" всієї області [41].

Вихідною інформацією для розрахунку МКЕ служать: координати вузлових точок систем елементів, що представляють розглянуту область, пружні постійні розглянутого середовища (E і ν), її об'ємна вага (γ), а також зовнішні сили і граничні умови. У [42] допущено, що в межах кожного шару породи пружні, ізотропні й однорідні. Питома щільність порід приймається відповідно їхньому виду.

Для порід, що розщільнюються, рішення будується по кроках навантаження, що формується в залежності від "історії" навантаження. МКЕ при рішенні задач гірничої геомеханіки застосовується в основному для напруг у різних зонах. Питанню визначення переміщень і деформацій порід земної поверхні і віддалення від неї на декілька сот метрів, а також виробок практично не приділялася увага [43, 44].

Рішення просторових задач із застосуванням МКЕ в дійсний час не має принципових труднощів.

Удосконалювання розрахункових схем, застосування більш потужних ЕОМ дозволяє проводити детальні дослідження просторового напружено-деформаційного стану масиву і вирішувати питання розкриття і підготовки шахтних полів, конструювання мережі підготовчих пластових і польових виробок, обґрунтовувати способи і засоби керування станом вугленосної товщі в конкретних гірничо-геологічних умовах. Це дозволяє забезпечити створення високопродуктивної і безпечної технології підземної розробки вугільних пластів.

Рішення задач напружено-деформаційного стану породних масивів МКЕ навіть із застосуванням лінійного зв'язку між напруженнями і

деформаціями в окремому елементі, на які розбивається сіткою досліджувана область, але з комплексним обліком структурних особливостей породних масивів, лінійної спадкоємної повзучості порід, гірничо-геологічних, горно-технічних і технологічних факторів дозволяє з достатньою для практичних цілей точністю робити оцінку відповідності технології відпрацьовування вугільних пластів по фактичних умовах. Це забезпечує в гірничо-геологічних умовах, що ускладнюються, підвищення ефективності керування гірничим масивом при виїмці вугільних пластів [44].

МКЕ дає можливість розширити і поглибити знання про прояв гірничого тиску навколо очисних і підготовчих виробок на великих глибинах, а також дозволяє найбільш повно проаналізувати параметри процесів зрушення і деформацій породних масивів.

Рішення МКЕ задач просторового напружено-деформаційного стану породних масивів навколо очисних виробок, як у статиці, так і в динаміці, містить у собі необмежені теоретичні можливості. МКЕ в цих задачах є незамінним, тому що дозволяє з урахуванням анізотропії властивостей порід просторового розподілу неоднорідностей у масиві і багатьох інших додаткових факторів дати оцінку механічного стану породних масивів від техногенних до ендегенних впливів на нього при відпрацьовуванні пластів. До рішення МКЕ пред'являється висока вірогідність гірничо-геологічної інформації структурних властивостей породних масивів, що змінюються, а також фізико-механічних характеристик порід, що їх складають.

Програмний комплекс "Ліра" автоматизує розрахунок і проектування широкого класу конструкцій: просторові стрижневі системи, пластини й оболонки системи, мембрани, масивні тіла, багат шарові конструкції. Розрахунок виконується на статичні і динамічні навантаження.

Статичні навантаження моделюють силові впливи від зосереджених і розподілених сил і моментів, температурного впливу і переміщень окремих

областей конструкції. Динамічні навантаження моделюють вплив від землетрусу, потоку вітру, що пульсує, вібраційні впливи від технологічного устаткування, ударні впливи.

Досліджувані об'єкти можуть мати довільні криволінійні обриси, локальні ослаблення у виді отворів і порожнин різної форми, різні умови обпирання.

При чисельному дослідженні можуть бути враховані нелінійні залежності між напругами і деформаціями (фізична нелінійність), істотна зміна форми спорудження (геометрична нелінійність).

Програмний комплекс ЛІРА (ПК ЛІРА) – це багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку, дослідження і проектування конструкцій різного призначення.

ПК ЛІРА з успіхом застосовується в розрахунках об'єктів будівництва, машинобудування, мостобудівництва, атомної енергетики, нафтовидобувної промисловості й у багатьох інших сферах, де актуальні методи будівельної механіки.

Програмні комплекси сімейства ЛІРА мають більш ніж 40-літню історію створення, розвитку і застосування в наукових дослідженнях і практиці проектування конструкцій. Програмні комплекси сімейства ЛІРА безупинно удосконалюються і пристосовуються до нових операційних систем і графічних середовищ. Новітнім представником сімейства ЛІРА є ПК ЛІРА версії 9.0.

Крім загального розрахунку моделі об'єкта на всі можливі види статичних навантажень, температурних, деформаційних і динамічних впливів (вітер з урахуванням пульсації, сейсмічні впливи і т.п.) ПК ЛІРА автоматизує ряд процесів проектування: визначення розрахункових сполучень навантажень і зусиль, призначення конструктивних елементів, підбор і

перевірка перетинів сталевих і залізобетонних конструкцій з формуванням ескізів робочих креслень колон і балок.

ПК ЛІРА дозволяє досліджувати загальну стійкість моделі, що розраховується, перевірити міцність перетинів елементів по різних теоріях руйнувань. ПК ЛІРА надає можливість робити розрахунки об'єктів з обліком фізичної і геометричної нелінійності, моделювати процес зведення спорудження з урахуванням монтажу і демонтажу елементів.

ПК ЛІРА складається з декількох взаємозалежних інформаційних систем:

- Система ЛІР-ВИЗОР
- Система ЛІР-КС (Конструктор перетинів)
- Розрахунковий процесор
- Бібліотека кінцевих елементів
- Система СТІЙКІСТЬ
- Система ЛІТЕРА
- Система ФРАГМЕНТ
- Система ЛІР-АРМ (Залізобетонні конструкції)
- Система ЛІР-СТК (Сталеві конструкції)
- Система ЛІР-РС (сортамент, що редагується,)
- Система ДОКУМЕНТАТОР

Система ЛІР-ВИЗОР – це єдине графічне середовище, що має у своєму розпорядженні великий набір можливостей і функцій для формування адекватних кінцево-елементних і супер-елементних моделей об'єктів, що розраховуються, їх докладного візуального обстеження і коректування, для завдання фізико-механічних властивостей матеріалів, зв'язків, різноманітних навантажень, характеристик різних динамічних впливів, а також взаємозв'язків між загруженнями для визначення їх найбільш небезпечних сполучень.

Можливості, надані за результатами розрахунку при відображенні напружено-деформованого стану об'єкта, дозволяють зробити детальний аналіз отриманих даних по полях переміщень і напруг, по епюрах зусиль і прогинів, по мозаїках руйнування елементів, по головних і еквівалентних напругах і по багатьох інших параметрах. ЛИР-ВИЗОР надає вичерпну інформацію з всьому об'єкту і по його елементах.

У системі ЛИР-ВИЗОР реалізована можливість візуалізації схеми і її напружено-деформованого стану в графіку OpenGL.

ЛИР-ВИЗОР дозволяє вести спілкування з комплексом на російській і англійській мовах, причому заміна мови може здійснюватися на будь-якій стадії роботи з комплексом. ЛИР-ВИЗОР дає можливість використовувати будь-як діючу систему одиниць виміру, як при створенні моделі, так і при аналізі результатів розрахунку.

Система ЛИР-КС (Конструктор перетинів) дозволяє в спеціалізованому графічному середовищі сформувати перетину довільної конфігурації, обчислити їх осьові, изгибные, крутильні і сдвигові характеристики. Крім того, надається можливість обчислення секторальних характеристик перетинів, координат центрів вигину і крутіння, моментів опору, а також визначення форми ядра перетину. При наявності зусиль у заданому перетині виробляється відображення картини розподілу поточних, головних і еквівалентних напруг, що відповідають різним теоріям міцності.

РОЗРАХУНКОВИЙ ПРОЦЕСОР реалізує сучасні удосконалені методи рішення систем рівнянь, що володіють високою швидкодією і дозволяють вирішувати системи з дуже великим числом невідомих.

У розрахунковому процесорі міститься велика БІБЛІОТЕКА КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ, що дозволяє створювати адекватні розрахункові моделі практично без обмежень на опис реальних властивостей об'єктів, що розраховуються. При цьому можливі завдання лінійних і нелінійних законів

деформування матеріалів, облік геометричної нелінійності з перебуванням форми споконвічно змінюваних систем, а також облік конструктивної нелінійності. Реалізовано закони деформування різних класів залізобетону. При розрахунках нелінійних задач виробляється автоматичний вибір кроку навантаження з урахуванням його історії. Можливості процесора дозволяють змоделювати поведінку спорудження в процесі зведення при багаторазовій зміні розрахункової схеми. Повний склад бібліотеки кінцевих елементів

Система СТІЙКІСТЬ дає можливість зробити перевірку загальної стійкості спорудження, що розраховується, з визначенням коефіцієнта запасу і форми втрати стійкості.

Система ЛІТЕРА реалізує обчислення головних і еквівалентних напруг по різних теоріях міцності.

Система ФРАГМЕНТ дозволяє визначити сили впливу одного фрагмента спорудження, що розраховується, на іншій як навантаження. Зокрема, можуть бути визначені навантаження, передані наземною частиною розрахункової схеми на фундаменти.

Система, що конструює, ЛІР-АРМ реалізує підбір площ перетину арматури колон, балок, плит і оболонок по першому і другий граничних станах відповідно до діючого у світі нормативами. Існує можливість завдання довільних характеристик бетону й арматури, що має велике значення при розрахунках, зв'язаних з реконструкцією споруджень. Система дозволяє поєднувати кілька однотипних елементів у конструктивний елемент, що дозволяє робити ув'язування арматури по довжині всього конструктивного елемента. Система може функціонувати в локальному режимі, здійснюючи як підбір арматури, так і перевірку заданого армування для одного елемента. За результатами розрахунку формуються креслення балок і колон, а так само виробляється створення dxf-файлів креслень.

Система, що конструює, ЛИР-СТК працює в двох режимах – підбора перетинів елементів сталевих конструкцій, таких як ферми, колони і балки, і перевірки заданих перетинів відповідно до діючого у світі нормативами. Допускається об'єднання декількох однотипних елементів у конструктивний елемент. Система може функціонувати в локальному режимі, дозволяючи перевірити кілька варіантів при конструюванні необхідного елемента.

Система ЛИР-РС, що інформаційно зв'язана із системою ЛИР-СТК, дозволяє робити редагування використовуваної сортаментної бази прокатних і зварених профілів.

Система ДОКУМЕНТАТОР призначена для формування звітів за результатами роботи з комплексом. При цьому вся інформація може бути представлена як у табличному, так і в графічному виді. Табличний і графічний розділи необхідної для звіту інформації можуть бути розміщені спільно на аркушах які спеціально утворюються для цієї мети і постачені коментарями і написами. Крім того, таблична інформація може бути передана в Microsoft Excel, а графічна – у Microsoft Word. Реалізовано висновок таблиць у форматі HTML.

3.2 Моделювання методом кінцевих елементів охорони дільничних виробок

На шахті "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля" цілики використовуються як постійні засоби охорони. Очисні роботи ведуться по пласту k_8 потужністю 1,3 м на глибині 600-800 м. Конвеєрний штрек 18 східної лави зберігається для повторного використання. Так звані технологічні цілики формуються поперед лінії очисного вибою. Форма ціликів прямокутна. Розміри ціликів по простяганню лави 10 м уздовж очисного вибою – 4,0 м. Міжціликовий простір на границі з підготовчою виробкою становить 3,0 м, а на границі з виробленим простором

пробивається органне кріплення. У зв'язку з запобіганням втрат вугілля в ціликах та підвищення стійкості прилеглих до лави виробок на шахті пропонується зміна способу охорони конвеєрного штреку накатними дерев'яними кострами. Але як показують виміри втрат перетину штреку пропонований шахтний варіант охорони не являється ефективним, тому пропонуємо порівняти шляхом розрахунків методом математичного моделювання напруження в елементах охорони та зміщення покрівлі пласту. Для порівняння розрахуємо два варіанта математичної моделі: 1 – охорона штреку накатними кострами, 2 – охорона штреку було-кострами.

Для побудови об'ємної моделі використовувалися дані геологічного розрізу шпари № Ж-3876 представлені в додатку А.

Для розгляду питання про напруги і зсув навколо прилеглої виробки більш детально, скористаємося рішенням об'ємної задачі для гірничо-геологічних умов шахти "Карбоніт".

Навколо пласта k_8 розбивка шарів більш детальна, ніж в периферійній частині моделі. Дане приймання необхідне для одержання більш точних результатів розрахунків.

Результати моделювання представлені на рис. 3.1-3.4 у якості ізополів зсувів порід навколо виробок які охороняються, та ізополів головних вертикальних напружень.

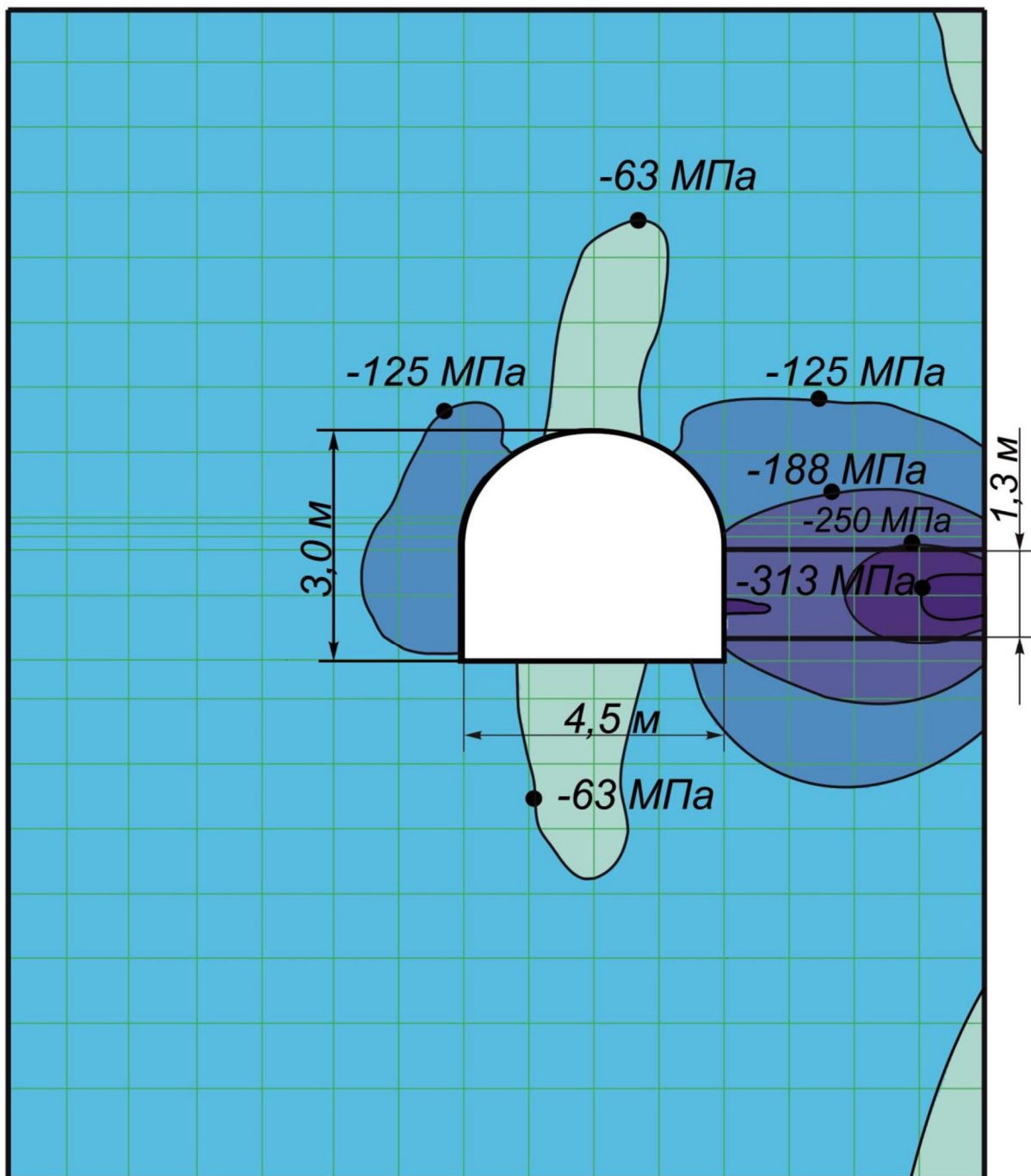


Рисунок 3.1 – Ізополя зсувів навколо підготовчої виробки при способі охорони накатними кострами

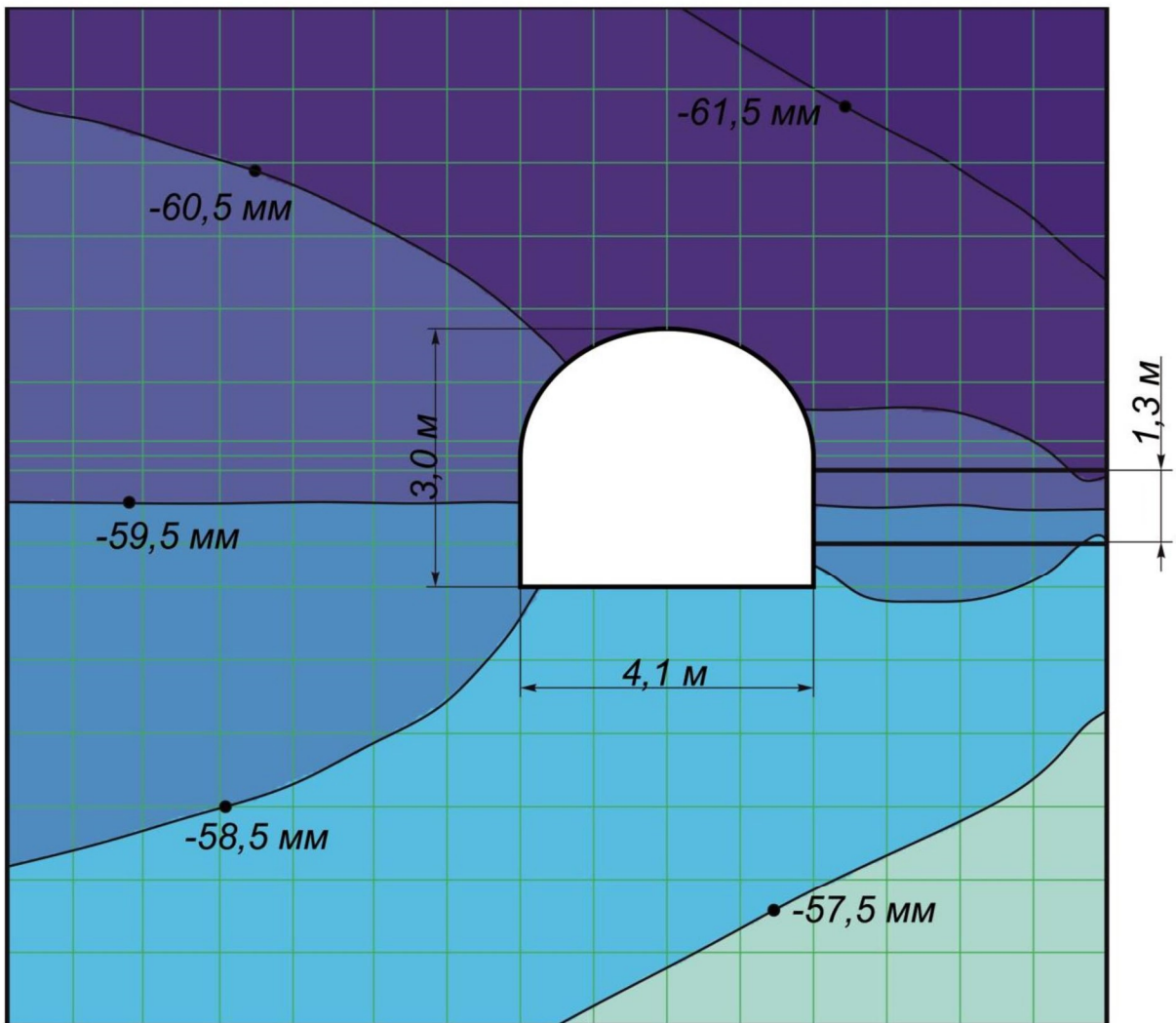


Рисунок 3.2 – Ізополі головних вертикальних напружень навколо підготовчої виробки при способі охорони накатними кострами

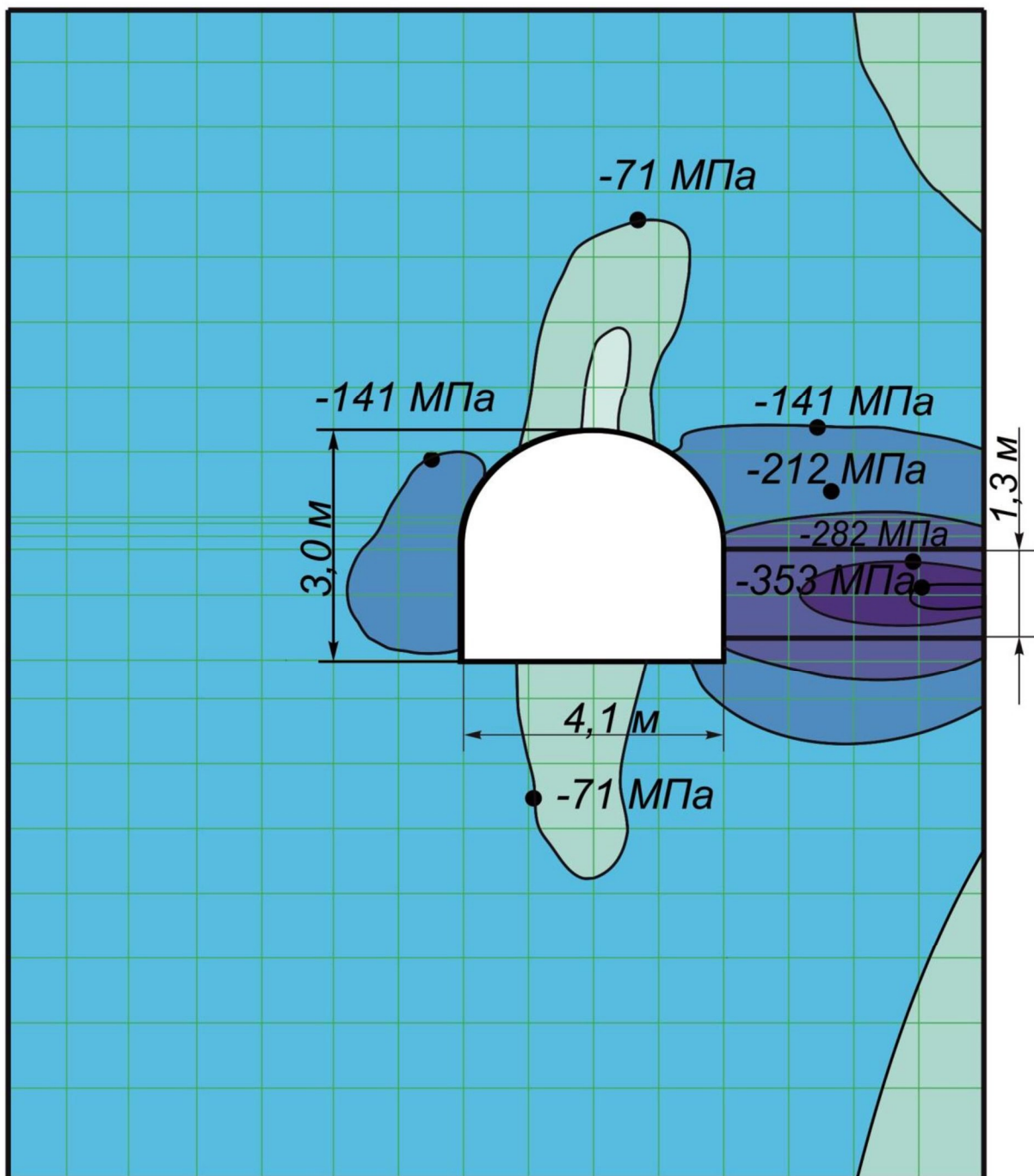


Рисунок 3.3 – Ізополя зсувів навколо підготовчої виробки при способі охорони бутокострами

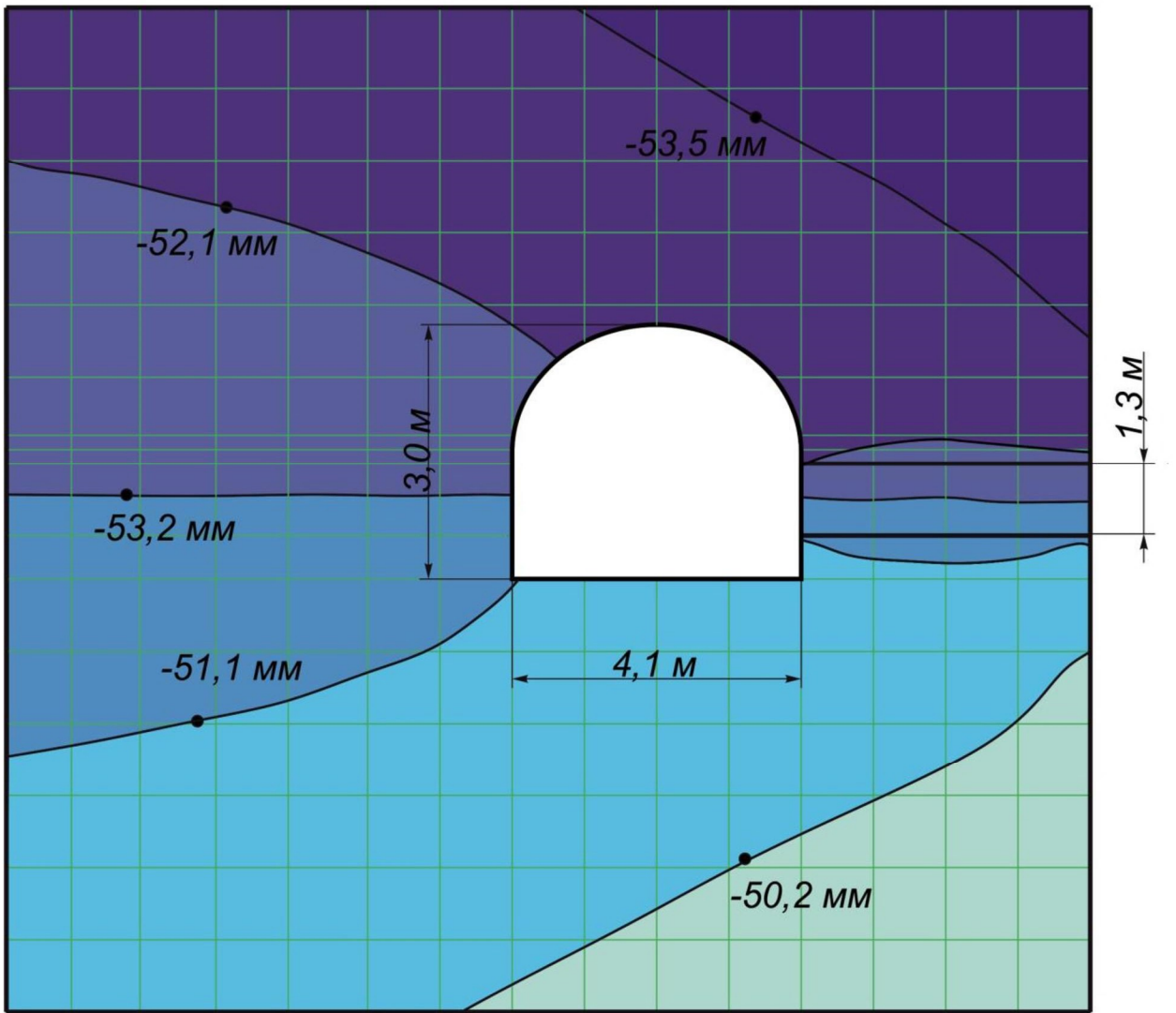


Рисунок 3.4 – Ізополя головних вертикальних напружень навколо підготовчої виробки при способі охорони бутокострами

Аналізуючи отримані зображення видно що при охороні штреку 18 східної лави бутокострами відбувається незначне збільшення напруженого стану у порівнянні з картинами при охороні накатними кострами. Однак дивлячись на розподіл ізополів переміщень можемо зробити висновок що вертикальна їх складова при охороні бутокострами менше ні при охороні накатними кострами. Для більш детального аналізу побудуємо графіки переміщень покрівлі відпрацьованого пласту k_8 у його крайовій частині на основі отриманих величин переміщень представлених в табл. 3.1 (рис. 3.5).

Таблиця 3.1 – Величини переміщення покрівлі на кінцевій ділянці

Номер вузла моделі	Вертикальні переміщення, мм	
	При охороні штреку накатними кострами	При охороні штреку бутокострами
1331	-6.0	-1.8
1332	-11.3	-1.4
1333	-25.4	-15.2
1334	-22.1	-11.9
1335	-30.9	-20.5
1336	-34.5	-19.4
1337	-37.8	-27.4
1338	-39.0	-28.7
1339	-43.2	-32.3
1340	-46.9	-33.1
1341	-51.4	-32.2
1342	-54.3	-37.6
1343	-57.1	-39.4
1344	-59.1	-40.2
1345	-61.4	-43.2
1346	-63.1	-50.5
1347	-64.8	-53.8
1348	-66.2	-51.0
1349	-67.4	-48.9
1350	-68.1	-51.5
1351	-68.8	-56.2
1352	-69.1	-57.0

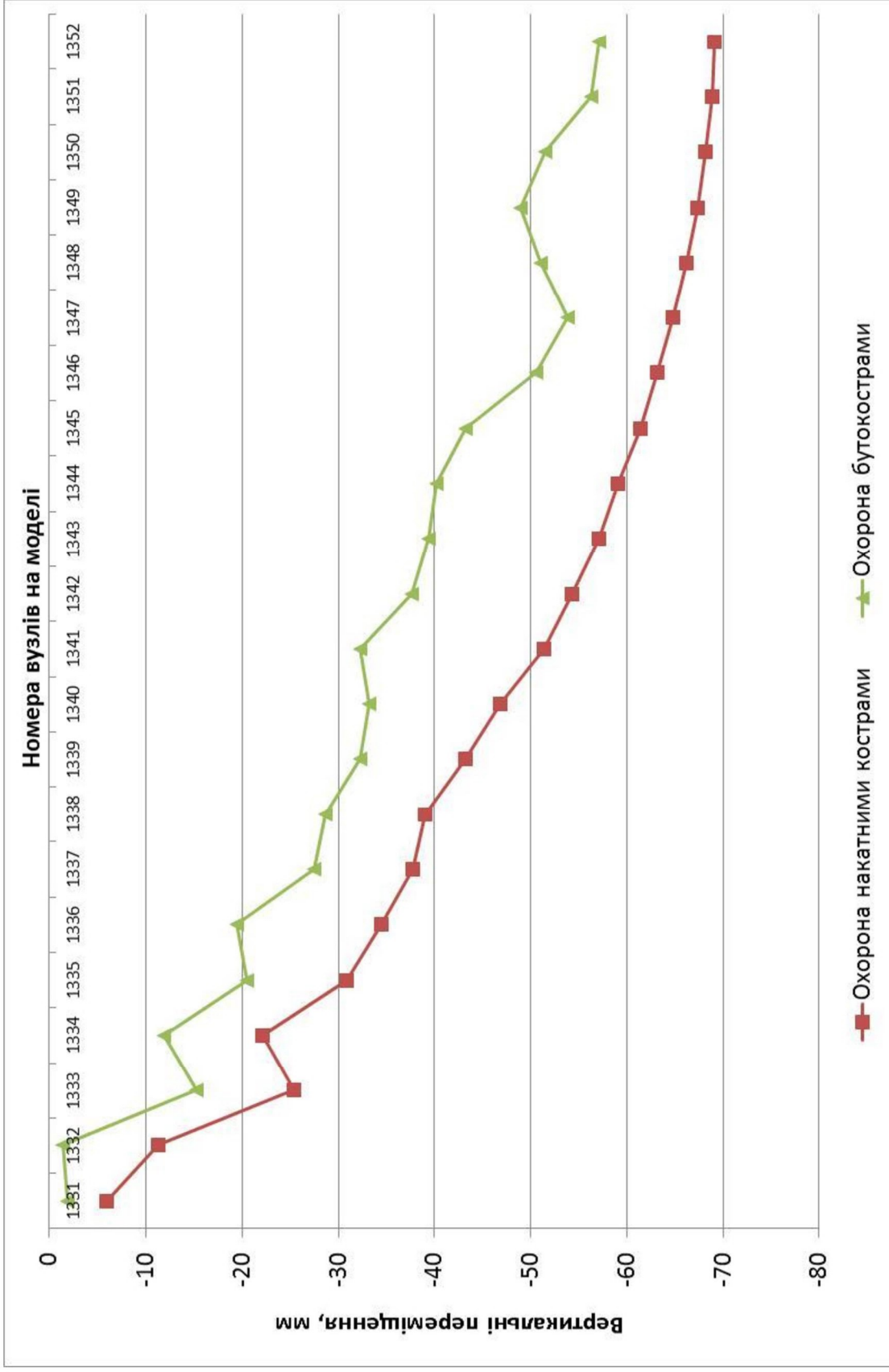


Рисунок 3.5 – Графіки зсувів покрівлі на кінцевій ділянці

Висновки по розділу 3

При формуванні розрахункової моделі для умов шахти "Карбоніт" були використані дані геологічного розрізу свердловини безпосередньо в місці відпрацьовування цієї шахтою пласта.

Встановлено що при охороні 18 конвеєрного штреку бутокострами відбувається незначне збільшення напруженого стану у порівнянні з картинами при охороні накатними кострами.

Також встановлено що вертикальні переміщення крайової частини покрівлі відпрацьованого пласту при охороні бутокострами на 21-32 % менше ніж при охороні накатними кострами.

Рекомендовано для підвищення стійкості охороняти 18 конвеєрний штрек бутокострами.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОХОРОНИ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК пл. k₈ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Варіанти застосування технологічних схем охорони виробок

На шахті "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля" цілики використовуються як постійні засоби охорони. Очисні роботи ведуться по пласту k₈ потужністю 1,3 м на глибині 600-800 м. Конвеєрний штрек 18 східної лави зберігається для повторного використання. Так звані технологічні цілики формуються поперед лінії очисного вибою. Форма ціликів прямокутна. Розміри ціликів по простяганню лави 10 м уздовж очисного вибою – 4,0 м. Міжціликовий простір на границі з підготовчою виробкою становить 3,0 м, а на границі з виробленим простором пробивається органне кріплення. У зв'язку з запобіганням втрат вугілля в ціликах та підвищення стійкості прилеглих до лави виробок на шахті пропонується зміна способу охорони конвеєрного штреку накатними дерев'яними кострами. Але як показують виміри втрат перетину штреку запропонований шахтний варіант охорони не являється ефективним, тому пропонуємо техніко-економічним методом порівняти два варіанта технологічних схем: 1 – охорона штреку накатними кострами (рис. 4.1), 2 – охорона штреку буто-кострами (рис. 4.2).

4.2 Розрахунок очікуваної економічної ефективності від застосування запропонованого способу охорони

Для остаточного вибору технологічної схеми необхідно провести їх техніко-економічне порівняння. При порівнянні розраховуємо тільки витрати, які будуть відрізнятися в обох варіантах.

Відрізнятися ці технологічні схеми будуть витратами кріпильних матеріалів.

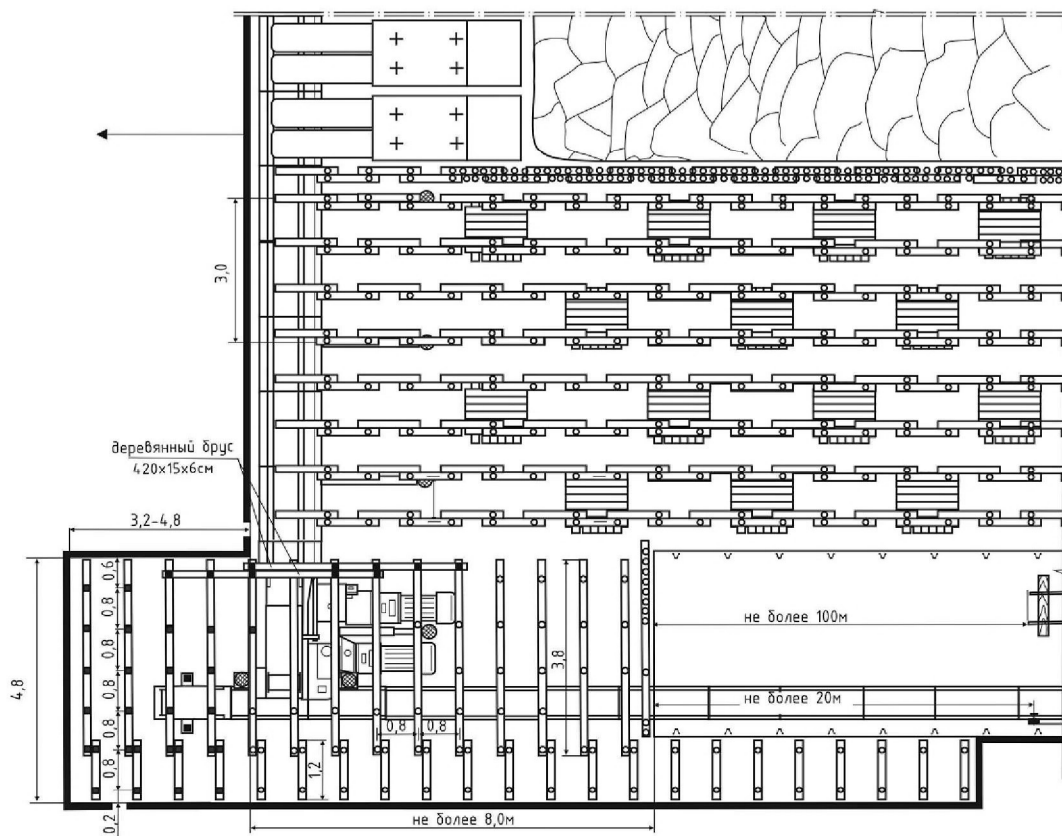


Рисунок 4.1 – Технологічна схема охорони виробок при застосуванні накатних кранів

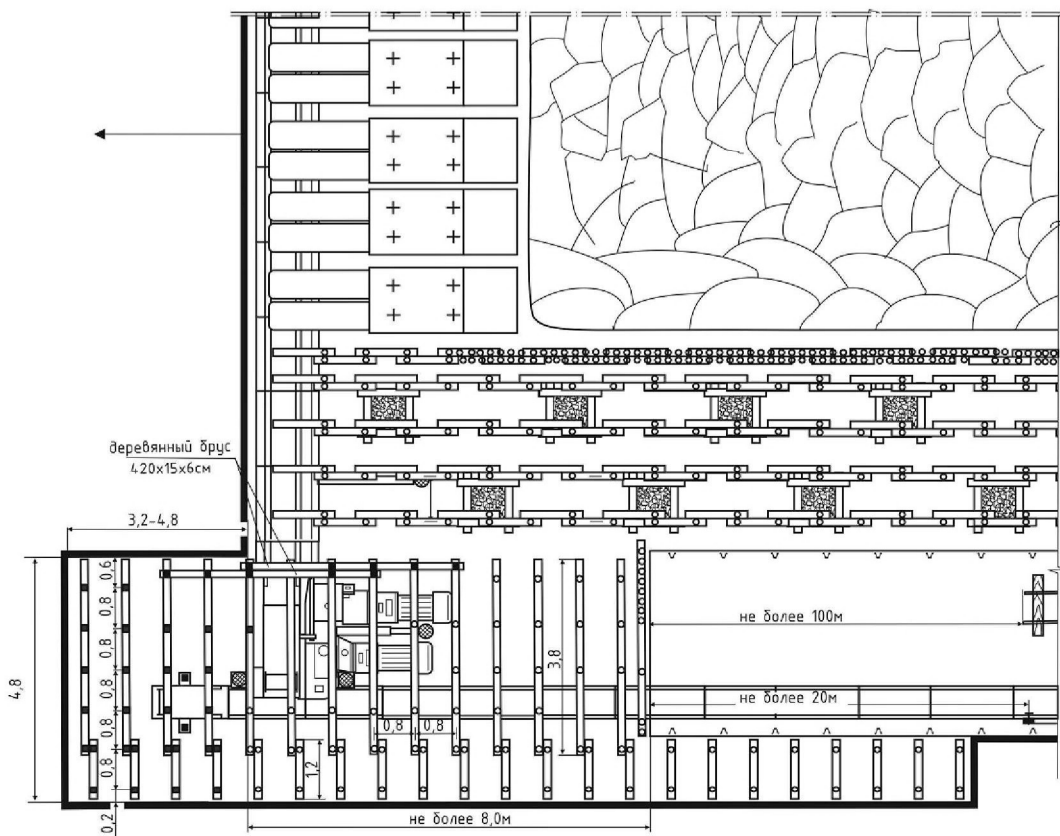


Рисунок 4.2 – Технологічна схема охорони виробок при застосуванні дутокострів

Разрахуємо витрати лісоматеріалів на стійки кострові.

Визначимо об'єм однієї стійки:

$$V_{cm} = l_{cm} \cdot \frac{\pi \cdot d_{cm}^2}{4}, \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

де l_{cm} – довжина стійки, м;

d_{cm} – діаметр стійки, м;

$$V_{cm} = 1,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0265 \text{ м}^3.$$

Визначимо кількість стійок на один костер:

$$n_k = \frac{m_{вин}}{d_{cm}} \cdot n, \text{ шт}, \quad (4.2)$$

где $m_{вин}$ – виймальна потужність пласта, м;

n – кількість стійок в одному ряду.

Кількість стійок на один костер при схемі з накатними кострами:

$$n_k = \frac{1,3}{0,15} \cdot 8 = 70 \text{ шт.}$$

Кількість стійок на один костер при схемі з бутокострами:

$$n_k = \frac{1,3}{0,15} \cdot 2 = 18 \text{ шт.}$$

Визначимо кількість стійок на один цикл:

$$n_{\text{ц}} = \ell \cdot n_{\text{к}}, \text{ шт}, \quad (4.3)$$

де ℓ – кількість кострів на ширину посування цикла.

Кількість стійок на один цикл при схемі з накатними кострами:

$$n_{\text{ц}} = 1,3 \cdot 70 = 91 \text{ шт.}$$

Кількість стійок на один цикл при схемі з бутোকострами:

$$n_{\text{ц}} = 0,65 \cdot 18 = 12 \text{ шт.}$$

Визначимо кількість стійок на 1000 т видобутку:

$$n_m = \frac{1000}{D_{\text{ц}}} \cdot n_{\text{ц}}, \text{ шт} \quad (4.4)$$

де $D_{\text{ц}}$ – видобуток з цикла, т;

$n_{\text{ц}}$ - кількість стійок на цикл, шт.

Визначимо кількість стійок на 1000 т видобутку при схемі з накатними кострами:

$$n_{\text{т}} = \frac{1000}{395} \cdot 91 = 230 \text{ шт.}$$

Визначимо кількість стійок на 1000 т видобутку при схемі з бутোকострами:

$$n_T = \frac{1000}{395} \cdot 12 = 30 \text{ шт.}$$

Необхідний об'єм лісоматеріалів на цикл и 1000 т.

Об'єм лісоматеріалів, необхідних за цикл.

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ц}}, \text{ м}^3, \quad (4.5)$$

де $V_{\text{ст}}$ – об'єм стійки, м^3

$n_{\text{ц}}$ – кількість стійок на цикл, шт.

Об'єм лісоматеріалів, необхідних за цикл при схемі з накатними кострами:

$$V_{\text{ц}} = 0,0265 \cdot 91 = 2,4 \text{ м}^3.$$

Об'єм лісоматеріалів, необхідних за цикл при схемі з бутокострами:

$$V_{\text{ц}} = 0,0265 \cdot 12 = 0,3 \text{ м}^3.$$

Об'єм лісоматеріалів, необхідних на 1000 т.

$$V_T = V_{\text{ст}} \cdot n_T, \text{ м}^3, \quad (4.6)$$

Об'єм лісоматеріалів, необхідних на 1000 т при схемі з накатними кострами:

$$V_T = 0,0265 \cdot 230 = 6,4 \text{ м}^3.$$

Об'єм лісоматеріалів, необхідних на 1000 т при схемі з бутокострами:

$$V_T = 0,0265 \cdot 30 = 0,8 \text{ м}^3.$$

Результати розрахунків зведемо в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Витрати лісоматеріалів при технологічній схемі охорони 18 конвеєрного штреку з застосування накатних кострів

Елемент кріплення	Матеріал	Розмір, м			Витрати на цикл		Витрати на 1000 т	
		довжина	ширина	товщина	шт	м ³	шт	м ³
Стійка органна	дерево	1,3	0,15		15	0,4	37	1,0
Стійка кострова	дерево	1,2	0,15		91	2,4	230	6,4
Брус	дерево	1,6	0,1	0,05	7	0,08	17	0,2
Усього дерева						2,9		7,6

Таблиця 4.2 – Витрати лісоматеріалів при технологічній схемі охорони 18 конвеєрного штреку з застосування булокострів

Елемент кріплення	Матеріал	Розмір, м			Витрати на цикл		Витрати на 1000 т	
		довжина	ширина	товщина	шт	м ³	шт	м ³
Стійка органна	дерево	1,3	0,15		7	0,2	19	0,5
Стійка кострова	дерево	1,2	0,15		12	0,3	30	0,8
Брус	дерево	1,6	0,1	0,05	4	0,04	9	0,1
Усього дерева						0,5		1,4

Розрахуємо вартість матеріалів на 1000 т видобутку:

$$C_{\text{мат}} = V_{\text{мат}} \cdot B, \text{ грн}, \quad (4.7)$$

де $V_{\text{ст}}$ – об'єм лісоматеріалів на 1000 т видобутку, м³;

B – вартість 1 м³ лісоматеріалів, грн.

Вартість матеріалів на 1000 т видобутку при технологічній схемі охорони 18 конвеєрного штреку з застосування накатних кострів:

$$C_{\text{мат}} = 7,6 \cdot 1500 = 11400 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалів на 1000 т видобутку при технологічній схемі охорони 18 конвеєрного штреку з застосування булокострів:

$$C_{\text{мат}} = 1,4 \cdot 1500 = 2100 \text{ грн.}$$

Як видно з таблиць та розрахунків, спосіб охорони виробок за допомогою бутокострів буде у 5 разів дешевше, ніж спосіб з накатними кострами.

4.3 Охорона праці

Обладнання та матеріали, застосовувані для кріплення підземних гірничих виробок, повинні відповідати вимогам відповідних державних і галузевих стандартів. Обмеження зміщень порід у виробку повинно здійснюватися підсиленням кріплення, зміцненням масиву, в тому числі анкерами, охороною штучними полосами за технологіями і конструкціями, визначеними нормативами державних і галузевих стандартів.

Ведення очисних робіт до первинної посадки основної покрівлі, первинна посадка основної покрівлі, а також підхід вибою до технічних меж виїмкової ділянки мають проводитися згідно із заходами, передбаченими проектом виїмкової ділянки. Факт первинної посадки основної покрівлі оформлюється актом, який затверджується головним інженером шахти.

У випадку зупинки робіт в очисній виробці на час понад добу необхідно вжити заходів щодо запобігання обваленню покрівлі, її загазуванню чи затопленню. Поновлення робіт дозволяється з письмового дозволу головного інженера шахти після огляду очисної виробки керівниками ділянки.

У процесі роботи повинна проводитися перевірка стійкості покрівлі та вибою шляхом огляду й обстукування. При наявності ознак небезпеки обвалення покрівлі вибою необхідно оббирати гірничу масу, що відшарувалася, і встановлювати додаткове кріплення.

Ширина проходу для людей в очисних виробках незалежно від виду застосовуваного кріплення має бути не меншою за 0,7 м, висота – не меншою за 0,5 м.

У лавах, обладнаних механізованими комплексами, вузькозахватними комбайнами і струговими установками, вздовж конвеєра повинен бути

встановлений гучномовний зв'язок із приймально-передавальними пристроями, встановленими через кожні 10 м, а також у штреках (хідниках), на їх сполученнях з лавою. Експлуатація вибійного обладнання при несправній попереджувальній (звуковій і світловій) сигналізації не дозволяється.

Виймання надштрекових ціликів біля вентиляційних штреків одночасно (по одній лінії) з відпрацюванням лав нижче розташованого поверху дозволяється тільки при кутах падіння пласта до 30° і за наявності штреків, що оконтурюють, (просіків).

Доставляння вугілля з очисної виробки до навантажувального пункту за наявності ціликів над штреком на пологих і похилих пластах дозволяється тільки на передні печі або гезенки.

У разі наближення очисних виробок до технічних меж і охоронних ціликів допускається доставка вугілля з лави до навантажувального пункту на задні печі або гезенки відповідно до заходів щодо безпеки гірничих робіт, затверджених головним інженером шахти.

В очисних виробках повинно застосовуватися однотипове механізоване або індивідуальне кріплення з характеристиками, що відповідають гірничо-геологічним умовам. Постійне індивідуальне кріплення повинне складатися з однотипних стояків з однаковими характеристиками щодо несучої здатності. Тип, конструкція і параметри кріплення очисного вибою визначаються проектом виїмкової дільниці.

При слабких, нестійких бічних породах у лавах, для забезпечення безпеки робіт повинно здійснюватися затягування покрівлі, а також повне затягування нависаючого масиву вугілля з встановленням додаткових стояків кріплення.

Кріплення, вибите під час підривних робіт, зарубки й відбою вугілля, перенесення обладнання, а також таке, що вийшло з ладу через деформацію, витоки робочої рідини або втрати деталей, що забезпечують безпеку його обслуговування, має бути відновлене або замінене.

Висновки по розділу 4

В зв'язку з запобіганням втрат вугілля в ціликах та підвищення стійкості прилеглих до лави виробок було запропоновано змінити шахтний спосіб охорони ціликами на інший. Запропоновано два варіанти технологічної схеми: охорона штреку накатними кострами та охорона штреку булокострами. Після техніко-економічного порівняння було обрано спосіб охорони виробок за допомогою булокострів, тому що витрати кріпильних матеріалів на нього та їх вартість у 5 разів менше, ніж на схему з накатними кострами.

ВИСНОВКИ

При залишенні технологічних ціликів для охорони підготовчих виробок на шахтах неможливо зберігти виробки в придатному для експлуатації стані.

На підставі проведених досліджень можна сформулювати наступний висновок. Загальною особливістю прояву гірничого тиску на великих глибинах у всіх виробках є перехід в граничний стан значних об'ємів гірничих порід і вугілля навколо виробок і поблизу очисних вибоїв.

Виходячи з розрахунків бачимо, що застосування технологічних ціликів для конкретних гірничо-геологічних умов шахти "Карбоніт" негативно позначається на перетині прилеглої до лави виробки після її проходу. Крім цього для запобігання втрат вугілля в ціликах та підвищення стійкості прилеглих до лави виробок було запропоновано змінити шахтний спосіб охорони ціликами на інший. Запропоновано два варіанти технологічної схеми: охорона штреку накатними кострами та охорона штреку бутокострами. Після техніко-економічного порівняння було обрано спосіб охорони виробок за допомогою бутокострів, тому що витрати кріпильних матеріалів на нього у 5 разів менше, ніж на схему з накатними кострами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рекомендации по выбору паспортов охраны и крепления повторно используемых выработок – Д: ДонУГИ, 1977. – 15-26 с.
2. Ильяшов М.А., Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав//Уголь Украины. — 2008. — №4. — С. 8–10.
3. Осокіна Н.О. Охорона литими смугами підготовчих виробок при повторному використанні / Осокіна Н.О., Нестеренко В.М.//Проблеми гірничої технології : матеріали регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ. – 2012. – С. 83 – 87.
4. Литвинский Г.Г. Охрана подготовительных выработок бутовыми полосами с разгрузкой краевой части пласта / Литвинский Г.Г., Бабиюк Г.Д. // Уголь. — 1976. — №9, — С. 39.
5. Литвинский Г.Г., Волошин В.Б., Горбунов И.А. Управление устойчивостью подготовительной выработки взорванной бутовой полосой //Уголь Украины. — 1989. — №2. — С. 19–21.
6. Пат. 1244327 Российская Федерация E21 D11/00. Способ охраны подготовительной выработки / Овчаренко Г.В.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова. - № 2001117090/03; заявл. 18.06.2001, опубл. 10.09.2002
7. Пат. 1555499 СССР E21 D11/00. Охранная полоса для поддержания горной выработки / Белоусов А.П.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. - № 4432841; заявл. 30.05.1988, опубл. 07.04.1990
8. Пат. 969899 МПК 5 СССР E21 D11/00. Способ охраны выемочной выработки / Заславский И.Ю.; заявитель и патентообладатель Донецкий научно-исследовательский угольный институт. – № 3299045; заявл. 03.06.1981, опубл. 30.10.1982
9. Пат. 1488501 СССР E21 D11/00. Способ поддержания горнойвыработки / Борзых А.Ф., Горбунов И.А., Тоцкий А.В., Батурицев

В.А.; заявитель и патентообладатель Коммунарский горно-металлургический институт - № 4320895/23-03; заявл. 08.07.87, опубл. 23.06.89

10. Кузяра В.И. Сусло А.И., Афендигов В.С. Охрана выработок на шахтах объединения Макеевуголь // Уголь Украины. — 1984. — №10. — С. 10–11.

11. Пат. 1571257 СССР E21 D11/08. Крепь для охраны подготовительной выработки / Борзых А.Ф., Горбунов И.А., Тоцкий А.В., Батурицев В.А.; заявитель и патентообладатель Коммунарский горно-металлургический институт - № 4450511/23-03; заявл. 06.05.88, опубл. 15.06.90.

12. Пат. 1145827 Российская Федерация E21 D11/00. Способ охраны подготовительной выработки / Овдеев Г.В.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова. - № 2001117090/03; заявл. 18.06.2003, опубл. 10.08.2003

13. Зборщик М.П., Костенко А.В. Збереження стійкості підготовчих виробків високонавантажених лав при відпрацьовуванні тонких шарів // Вугілля України. - 2003. - № 4. - С. 4-7.

14. Егоров С.И., Халимендик Ю.М., Курченко Є.П., Адренко В.М., Сторчак І.І., Іваненко Л.Г. Узагальнення досвіду кріплення й охорони підготовчих виробків // Вугілля України. - 2002. - № 5. - С. 5-19.

15. Борзих А.Ф. Установлення границь зон розвантаження в покрівлі відпрацьованого шару. - Алчевск: ДГМИ. Сб. науч. праць. Вып. 12, 2000. - С. 43-50.

16. Кулибаба С.Б., Борзих А.Ф., Сідов В.Н. Тривалість процесу зрушення масиву // Вугілля України. - 2008. - № 4. - С. 11-13.

17. Борзих А.Ф., Горовой Е.П. Вплив ширини виробленого простору на активізацію зрушення вугленосного масиву // Вугілля Ук-Раины. - 1999. - № 9. – С. 27-30.

18. Назимко В.В., Сажнев В.П., Лаптеев А.А. Кінетика зрушень тріщинуватих порід // Вугілля України. - 1998. - № 1. - С. 18-20.

19. Борзих А.Ф. Технологія адаптивної взаємодії опор з бічними породами при підтримці виемочних виробків // Вугілля. - 1998. - № 11. - С. 3-9.

20. Борзих А.Ф., Офіцерів С.П. Формування технологічних цілик для охорони прилягаючих до лави виробків // Вугілля України. - 2005. - №2. - С. 12-14.

21. Шемякин Е.И., Фисенко Г.Л., Курленя М.В. і ін. // Зональна дезінтеграція гірських порід навколо підземних виробків. Ч. I: Дані натурних спостережень // ФТПРПИ. - 1986. - 3.

22. Шемякин Е. И., Фисенко Г. Л., Курленя М. В. і ін. // Зональна дезінтеграція гірських порід навколо підземних виробків. Ч. II: Руйнування гірських порід на моделях з еквівалентних матеріалів // Там же. - 1986.- № 4.

23. Борзих А.Ф. Особливості зональної дезінтеграції порід покрівлі й вугільного шару навколо гірського виробку // ФТПРПИ. - 1990. № 5. - С. 40-50.

24. Смирнов А. І. Визначення ширини цілик-стінок при проведенні виробків вприсечку до виробленого простору // Изв. вузів. Гірський журнал. - 1979. - №12. - с. 20-26.

25. Шашенко А. Н. Механіка гірських порід. - К.: «Новий друк», 2003. - 399с.

26. Зенкевич О., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и механике сплошных сред. Нью-Йорк, 1967: Пер. с англ. А.П. Троицкого и С.В. Соловьева под ред. канд. техн. наук Ю.К. Зарецкого. – М.: Недра, 1974. – 240 с

27. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.

28. Черников А.К. Моделирование термопластического деформирования горных пород методом конечных элементов // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1989. № 5. – с.25-30.

29. Przykłady zastosowania metody elementów skończonych do modelowania. Walaszczykjan \ zess/ nauk. AGH/ Górn. 1987 - с. 129, 287-294.

30. Либерман Ю.М., Выборнова С.Н. Исследование напряженного состояния пород вокруг выемочных выработок методом конечных элементов

// Науч. сообщ. Ин-т горн. дел. А. А. Скочинского, 1982. - № 213. - с. 72-78.

31. Работа Э.Н., Комаров В.О. Развитие МКЭ для расчета напряженно-деформированного состояния блочного разупрочняющегося массива горных пород. – Новосибирск, 1982. – с.106-107.

32. Туляков С.П. Алгоритм прогнозирования смещений пород при очистной выемке угольных пластов// Подз. разраб. тонк. и сред. мощности угольных пластов. – Тула, 1989. – с. 75-80.

33. Выборнова С.Н. К оценке расслоения пород вокруг выемочной выработки // Добыча угля подземным способом: Науч.-техн. реф. Сб. /ЦНИЭИ уголь, 1982. – с.10-11.

34. Расчет напряженно-деформированного состояния упругого массива с конечным числом неоднородностей/В.Т. Глушко, С.П. Павеля// Мех. и разрушение горн. пород. – Киев: Наукова думка, 1979. – с.3-10.

35. Выборнова С.Н. Влияние параметров способа охраны на состояние пород вокруг выемочных выработок//Научные основы УСГМ. –ИГД им. А.А. Скочинского, 1985. – Вып.235. – с.104-109.

36. Выборнова С.Н. Анализ влияния горнотехнических факторов на состояние выемочных выработок МКЭ//Прогрессивная технология, комплексная механизация и автоматизация проведения горных выработок. – ИГД им. А.А. Скочинского, 1984. – Вып.232. – с. 72-83.

37. Зерцалов М. П. Моделирование на основе МКЭ деформирования и разрушения скальных массивов с учетом их трещиноватости // мех. гор. склонов, анизотропии/ Матер 9 Всес. конф. по мех. горн. пород. Фрунзе, 3-5 окт.1989. – Фрунзе:1990. – с.271-277.

38. Оден. Дж. КЭ в нелинейной механике сплошной среды. – М.: Мир, 1976. – 464с.

39. Зенкевич О. МКЭ в технике. – М.: Мир, 1975. – 541с.

40. Амусин Б.З.МКЭ при решении задач горной механики. – М.: Недра, 1975. – 144с.

41. Бондаренко В. И. Особенности разработки частично подработанных пластов на шахте им. Сташкова // Уголь Украины. – 1995. - № 6. – с. 19-21.

42. Филиппов Н. А. К расчету напряженно-деформированного состояния МГП// Физ.-техн. пробл. разр. – 1979. - № 2. - 3-10с.

43. Гавриленко Ю.Н. Математическое моделирование смещений пород и земной поверхности// Дон. ГТУ. – 1997. - №7. – с. 87-93.

44. Фабричный Н.Н. Применение МКЭ для оценки устойчивости// Разраб. месторожд. п.и. – Киев.: 1987. - №76. – с. 63-67.

Вихідні дані для побудови об'ємної моделі в умовах шахти "Карбоніт"

Шар	Назва шару	Потужність шару, м	Модуль Юнга, МПа	Коеф. Пуассона	Щільність, тс/м ³
1	2	3	4	5	6
1	пісковик	15	48000	0,2	2,6
2	алевроліт	9	26000	0,26	2,56
3	алевроліт	33,5	26000	0,26	2,56
4	пісковик	22,6	48000	0,2	2,6
5	алевроліт	17,5	26000	0,26	2,56
6	аргіліт	20,5	23000	0,25	2,55
7	алевроліт	18,7	26000	0,26	2,56
8	пісковик	8,5	48000	0,2	2,6
9	алевроліт	10	26000	0,26	2,56
10	вапняк	0,3	61000	0,26	2,48
11	пісковик	41	48000	0,2	2,6
12	аргіліт	61	23000	0,25	2,55
13	пісковик	28,5	48000	0,2	2,6
14	аргіліт	27	23000	0,25	2,55
15	вапняк	1	61000	0,26	2,48
16	пісковик	24	48000	0,2	2,6
17	алевроліт	12,5	26000	0,26	2,56
18	аргіліт	28,5	23000	0,25	2,55
19	алевроліт	8,5	26000	0,26	2,56
20	вугілля	0,6	13000	0,27	1,81
21	алевроліт	16	26000	0,26	2,56

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6
22	аргіліт	15	23000	0,25	2,55
23	вапняк	1	61000	0,26	2,48
24	алевроліт	9	26000	0,26	2,56
25	пісковик	6,5	48000	0,2	2,6
26	алевроліт	5	26000	0,26	2,56
27	пісковик	5	48000	0,2	2,6
28	алевроліт	7,5	26000	0,26	2,56
29	пісковик	13,5	48000	0,2	2,6
30	алевроліт	13,5	26000	0,26	2,56
31	аргіліт	2,5	23000	0,25	2,55
32	вапняк	1	61000	0,26	2,48
33	алевроліт	15	26000	0,26	2,56
34	пісковик	20	48000	0,2	2,6
35	алевроліт	12	26000	0,26	2,56
36	аргіліт	8,5	23000	0,25	2,55
37	алевроліт	4	26000	0,26	2,56
38	пісковик	4	48000	0,2	2,6
39	алевроліт	12,5	26000	0,26	2,56
40	аргіліт	4	23000	0,25	2,55
41	алевроліт	7,5	26000	0,26	2,56
42	аргіліт	7,5	23000	0,25	2,55
43	вапняк	2	61000	0,26	2,48
44	пісковик	16	48000	0,2	2,6
45	алевроліт	13,5	26000	0,26	2,56
46	аргіліт	10,5	23000	0,25	2,55
47	пісковик	12,5	48000	0,2	2,6
48	вугілля К ₁₁	1,25	13000	0,27	1,81

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6
49	пісковик	2,5	48000	0,2	2,6
50	алевроліт	9	26000	0,26	2,56
51	вугілля k ₁₁	1,15	13000	0,27	1,81
52	пісковик	5	48000	0,2	2,6
53	алевроліт	26	26000	0,26	2,56
54	пісковик	25	48000	0,2	2,6
55	алевроліт	5	26000	0,26	2,56
56	пісковик	2	48000	0,2	2,6
57	алевроліт	2	26000	0,26	2,56
58	пісковик	16	48000	0,2	2,6
59	алевроліт	22	26000	0,26	2,56
60	аргіліт	6	23000	0,25	2,55
61	алевроліт	2	26000	0,26	2,56
62	пісковик	6	48000	0,2	2,6
63	аргіліт	6	23000	0,25	2,55
64	пісковик	11	48000	0,2	2,6
65	алевроліт	21	26000	0,26	2,56
66	пісковик	9,9	48000	0,2	2,6
67	алевро- аргіліт	5,3	23000	0,25	2,55
68	вугілля k ₈	1,9	13000	0,27	1,81
69	алевро- аргіліт	9	23000	0,25	2,55
70	пісковик	10	48000	0,2	2,6
71	алевроліт	19	26000	0,26	2,56
72	аргіліт	9	23000	0,25	2,55
73	алевроліт	1,5	26000	0,26	2,56

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6
74	пісковик	2	48000	0,2	2,6
75	алевроліт	11	26000	0,26	2,56
76	аргіліт	3	23000	0,25	2,55
77	алевроліт	9	26000	0,26	2,56
78	пісковик	35	48000	0,2	2,6
79	алевроліт	2	26000	0,26	2,56
80	аргіліт	11	23000	0,25	2,55
81	алевроліт	6	26000	0,26	2,56
82	пісковик	15	48000	0,2	2,6
83	вугілля к ₈	1,3	13000	0,27	1,81
84	алевроліт	22	26000	0,26	2,56
85	пісковик	7	48000	0,2	2,6
86	алевроліт	12	26000	0,26	2,56
87	аргіліт	11,5	23000	0,25	2,55
88	алевроліт	9	26000	0,26	2,56