

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Будівництва
(факультет)

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
магістра

галузь знань **18 Виробництво та технології**
(шифр і назва галузі знань)
спеціальність **184 Гірництво**
(код і назва спеціальності)
спеціалізація **Шахтне і підземне будівництво**
(назва спеціалізації)
освітній рівень **вища освіта**
(назва освітнього рівня)
кваліфікація **2147.2 Інженер з гірничих робіт**
(код і назва кваліфікації)

на тему: обґрунтування параметрів кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. 6 гір. 820м 1 північної лави пл. 6 гір. 885 м в складних гірничо-геологічних умовах ВП "Шахта імені Д.Ф. Мельникова" ПАТ "Лисичанськвугілля".

Виконавець:

студент II курсу, групи 184М-16-1 ФБ
Наливайко Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Гапеев С.М.		
розділів:			
1	Гапеев С.М.		
2	Гапеев С.М.		
3	Гапеев С.М.		
4	Вигодін М.О.		

Рецензент	Бабець Д.В.		
-----------	-------------	--	--

Нормоконтроль	Григор'єв О.Е.		
---------------	----------------	--	--

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Будівництва, геотехніки та геомеханіки

(повна назва)

Гапєєв С.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра
спеціальності 184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

студенту 184м-16-1 ФБ
(група)

Наливайко Д.В.
(прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи: обґрунтування параметрів кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ґ₆ гір. 820м 1 північної лави пл. ґ₆ гір. 885 м в складних гірничо-геологічних умовах ВП "Шахта імені Д.Ф. Мельникова" ПАТ "Лисичанськвугілля".

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від _____ № _____

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень: геомеханічні процеси, що протікають навколо гірничої виробки в місцях сполучення з лавою.

Предмет досліджень: параметри геомеханічної системи «лава-штрек» в умовах наявності здимання порід підшови.

Мета НДР: обґрунтування параметрів кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ґ₆ гір. 820 м 1 північної лави пл. ґ₆ гір. 885 м в складних гірничо-геологічних умовах ВП "Шахта імені Д.Ф. Мельникова" ПАТ "Лисичанськвугілля".

Вихідні дані для проведення роботи: плани гірничих робіт, дані маркшейдерських зйомок, відомості з фізико-механічних характеристик порід, паспорта кріплення підготовчих виробок

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні методики моделювання геомеханічної системи «лава-штрек», що включає анкерне кріплення з «коефіцієнтом текучості», що враховує механічну роботу анкерного кріплення в зоні впливу лави.

Практична цінність полягає в обґрунтуванні параметрів рамно-анкерної системи кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ₆, що дозволяє підвищити його стійкість

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати повинні відповідати вимогам Закону України «Про вищу освіту», «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах», яке затверджене наказом Міністерства освіти України від 2 червня 1993 № 161, «Тимчасового положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців», затвердженого наказом МОН від 23.01.04 № 48.

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд літератури на тему НДР	16.10.2017 - 15.11.2017
Постановка цілей та визначення методики розрахунку	01.12.2017 – 11.12.2017
Проведення розрахунків та аналіз результатів	11.12.2017 - 15.01.2018
Висновки за розділами та загальні по НДР	15.01.2018 – 19.01.2018

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект за рахунок зниження обсягів ремонтів вентиляційного штреку та відмови від проведення вентиляційного квершлягу досягає 3756,291 тис. грн, або 3832,95 грн/м.

Соціальний ефект підвищення безпеки гірничих робіт, покращення умов праці шахтарів за рахунок більш якісного провітрювання

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Пояснювальна записка мігістерської роботи з оформлення має відповідати вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»

Завдання видав

_____ (підпис)

Гапєєв С.М.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Наливайко Д.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 16.10.2017

Термін подання дипломної роботи до ЕК 22.01.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 123 сторінок, 10 таблиць, 41 рисунок, 5 додатків, 42 джерела.

СТІЙКІСТЬ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК, ЗОНА ОЧИСНИХ РОБІТ, БУТОВА СМУГА, РАМНО-АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Об'єкт досліджень: геомеханічні процеси, що протікають навколо гірничої виробки в місцях сполучення з лавою.

Предмет досліджень: параметри геомеханічної системи «лава-штрек» в умовах наявності здимання порід підшоши.

Мета роботи: обґрунтування параметрів кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 гір. 820м 1 північної лави пл. ℓ_6 гір. 885 м в складних гірничо-геологічних умовах ВП "Шахта імені Д.Ф. Мельникова" ПАТ "Лисичанськвугілля".

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети в роботі використано комплексний підхід, що включає аналіз літературних джерел за темою роботи, обробка даних натурних спостережень, чисельний метод кінцевих елементів, аналіз і обробка результатів моделювання.

Отримані результати можуть бути використані для підвищення стійкості виробок і зменшенню витрат, пов'язаних з проходженням і підтримкою гірничих виробок, закріплених рамним кріпленням, які перебувають в складних гірничо-геологічних умовах шахти імені Д.Ф. Мельникова ПАТ «Лисичанськвугілля», а також на інших вугледобувних підприємствах, що працюють в подібних гірничо-геологічних умовах.

У розділі 1 виконано огляд ролі вугілля в Україні, а також його стратегічне значення в енергетиці, промисловості та економіки; наведено огляд засобів і способів охорони гірничої виробки в зоні впливу очисних робіт; сформульовано мету, ідею і поставлено задачі досліджень.

У Розділі 2 розглядаються характеристики шахти; аналізується стан виробок 1 північної лави пл. ℓ_6 , шахти імені Д.Ф. Мельникова, зокрема 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 та самої лави; обрані об'єкти досліджень; описано проблемну ситуацію стану вентиляційних виробок.

У розділі 3 обґрунтовано метод та програмний комплекс чисельного моделювання; розроблено розрахункову схему моделювання; розроблена методика моделювання анкерного кріплення з урахуванням «коефіцієнта текучості»; виконано моделювання та здійснено аналіз результатів, на основі якого встановлено раціональний варіант кріплення та проходження гірничих виробок 1 північної лави пл. ℓ_6 .

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1. Актуальність теми.....	12
1.2. Огляд літератури за темою магістерської роботи.....	16
1.2.1. Огляд засобів охорони підготовчих виробок в зоні впливу лави.....	16
1.2.2. Огляд способів охорони підготовчих виробок.....	19
1.3. Мета та завдання дослідження.....	24
Висновки.....	26
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. ОПИС ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ...	27
2.1. Загальна характеристика шахти «ім. М.Ф. Мельникова».....	27
2.1.1. Розташування шахти.....	27
2.1.2. Запаси вугілля та характеристика шахти.....	27
2.1.3. Капітальні інвестиції та основні фонди.....	28
2.1.4. Операційні та фінансові показники.....	29
2.2. Гірничо-геологічні умови.....	30
2.2.1. Спосіб розкриття, підготовки і розробки.....	30
2.2.2. Геологія.....	30
2.2.3. Гідрогеологія.....	30
2.2.4. Наявність і характеристика геологічних порушень.....	31
2.2.5. Стан капітальних і підготовчих виробок.....	32
2.2.6. Характеристика площ виробок, використовуються на шахті.....	33
2.2.7. Детальна характеристика вміщуючих порід і пластів.....	34
2.2.7.1 Характеристика пласта k_8	34
2.2.7.2. Характеристика пласта ℓ_2'	35
2.2.7.3. Характеристика пласта ℓ_4	36

2.2.7.4. Характеристика пласта ℓ_5	37
2.2.7.5. Характеристика пласта ℓ_6	37
2.2.8. Характеристика прояви гірничого тиску в гірничих виробках.....	38
2.2.9. Ремонтні роботи в протяжних виробках.....	39
2.2.10. Детальна характеристика процесу здимання порід підшви.....	40
2.3. Безпосередній об'єкт досліджень.....	42
2.3.1. Гірничо-геологічний прогноз 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6	43
2.3.2 Охорона і підтримання 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6	46
2.4. Опис проблемної ситуації.....	48
Висновки.....	49
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИКИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ОЧИСТНА ВИРОБКА-ШТРЕК-ПОРОДНИЙ МАСИВ».....	51
3.1. Обґрунтування методів та програмного забезпечення для виконання чисельного дослідження.....	51
3.2. Обґрунтування розрахункової схеми чисельної моделі «очистна виробка-штрек-породний масив».....	57
3.3. Результати розрахунку базової моделі.....	68
3.4. Обґрунтування параметрів систем кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 . на основі комбінованого рамно-анкерного кріплення.....	71
3.4.1. Методика чисельного моделювання анкерних систем.....	73
3.4.2. Результати чисельного дослідження напружено-деформованого стану геомеханічної системи «очистна виробка-штрек-породний масив».....	77
Висновки.....	81

РОЗДІЛ 4.ОЦІНКА ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ КРІПЛЕННЯ ВЕНТЕЛЯЦІЙНОГО ШТРЕКУ.....	83
4.1. Оцінка економічного ефекту при застосуванні рамно-анкерного кріплення в 12 північному вентиляційному штреку.....	85
4.2. Основні техніко-економічні показники.....	85
Висновки.....	85
ВИСНОВОК.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88
ДОДАТОК А. Стратиграфічна колонка.....	93
ДОДАТОК Б. Локальні кошториси, відомість ресурсів, договірні ціни.....	94
ДОДАТОК В. Відгук наукового керівника.....	121
ДОДАТОК Г. Рецензія.....	122
ДОДАТОК Д. Відгук керівника розділу 4.....	123

ВСТУП

Вугільна промисловість України є стратегічною сферою економіки, оскільки забезпечує своєю продукцією електроенергетику, металургію та інші. Величезне значення для України має вугілля, тому приріст видобутку тих марок вугілля, на які є попит, в подальшому дозволить позбутися від імпортозалежності корисних копалин.

Україна володіє значними запасами вугілля, поклади якого до глибини 1500 м оцінюються в 117,3 млрд, тон, з них промислових запасів на діючих шахтах - 6,5 млрд, тон, з яких 3,5 млрд, тон - енергетичне вугілля. У структурі запасів вугілля на частку пластів потужністю більше 1,2 м припадає лише 20,4%, на тонкі пласти (до 1,2 м) - 74%, в тому числі на вельми тонкі (менше 0,7 м) - 33,3%.

Головна мета української вугільної промисловості відповідно до нової енергетичної стратегії України до 2035 року полягає в її оптимізації та скороченню нерентабельних шахт для досягнення великих обсягів виробництва вугільної продукції з мінімальними витратами, необхідними для енергетичної безпеки держави. Шахтні підприємства будуть зобов'язані стати на шлях самоокупності та прибутковості.

Для успішного функціонування галузі мало мати розвідані запаси, потрібні ще й капітальні вкладення на будівництво нових і реконструкцію діючих шахт з метою оновлення основних фондів. Гірничодобувне підприємство відрізняється від інших виробництв тим, що одночасно з видобуванням корисних копалин постійно необхідно споруджувати нові і підтримувати існуючі гірничі виробки. Відставання в проведенні розкривних і підготовчих виробок веде до неухильного зниження сумарної протяжності очисних вибоїв, а погіршення стану підтримуваних виробок обумовлює значні обсяги ремонтних робіт і, як наслідок, викликає збільшення собівартості видобутку вугілля.

Актуальність проблеми забезпечення стійкості підготовчих виробок не вщуває досі. Вона обумовлена складним станом гірничодобувної галузі, а також

ризиками, які в подальшому могуть статися. До цих ризиків відносяться: обвалення покрівлі, вивали, здійснення порід підосви й т.п. Дані ризики тісно пов'язані з травматизмом робітників. Таким чином, дослідження, спрямовані на розробку ефективних засобів та способів забезпечення стійкості протяжних виробок для зниження витрат на їх проходження та ремонт, є актуальною науково-технічною задачею.

У зв'язку з вищезазначеним, метою роботи є обґрунтування параметрів кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 гір. 820м 1 північної лави пл. ℓ_6 гір. 885 м в складних гірничо-геологічних умовах ВП "Шахта імені Д.Ф. Мельникова" ПАТ "Лисичанськвугілля".

Об'єкт досліджень - геомеханічні процеси, що протікають навколо гірничої виробки в місцях сполучення з лавою.

Предмет досліджень - параметри геомеханічної системи «лава-штрек» в умовах наявності здимання порід підосви.

Основна ідея полягає в використанні чисельного методу моделювання та сучасного програмного комплексу Rockscience «RS2» для оцінки напружено-деформованого стану складно-структурного породного масиву, в якому розташовуються виробки.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети в роботі використано комплексний підхід, що включає аналіз літературних джерел за темою роботи, обробка даних натурних спостережень, чисельний метод кінцевих елементів, аналіз і обробка результатів моделювання.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні основні задачі досліджень:

- аналіз існуючих джерел інформації присвячені проблемам підтримки підготовчих виробок;
- розробка та калібрування базової моделі;
- розробка робочої моделі для оцінки напружено-деформованого стану оцінюваної геомеханічної системи.

- аналіз результатів моделювання і обґрунтування раціональних параметрів рамного кріплення в розглянутих умовах.

Публікації. За результатами попередньо проведеної роботи опублікована стаття на п'ятій всеукраїнській науково технічній конференції «Молодь: наука та інновації», що проходила 28-29 листопада 2017 року в Національному гірничому університеті.

Структура та об'єм роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаної літератури з 42 найменувань на 4 сторінках та п'яти додатків на 29 сторінках. Данна робота викладена на 81 сторінках машинописного тексту, включає 41 рисунок та 10 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 123 сторінки.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Актуальність теми

У сучасних умовах розвитку у вуглевидобувних країнах визначено тенденції зберігання ролі вугілля у виробництві електроенергії, а також у використанні його в металургії. Вугільна промисловість України є однією з базових галузей економіки, оскільки забезпечує своєю продукцією електроенергетику.

Саме енергетика відповідає за більшість викидів парникових газів в атмосферу. В світі від спалювання вуглемістких видів енергоресурсів (в першу чергу, вугілля, газ, нафта, нафтопродукти), а також при їх видобутку (виробництві), обробці, зберіганні, транспортуванні та споживанні палива в усіх секторах економіки здійснюється до 70 % усіх викидів парникових газів.

В Україні ситуація аналогічна світовій. В упродовж 1990-2014 рр. викиди парникових газів від сектору "Енергетика" складала 67,7-75,7 % від усіх здійснених викидів ПГ (без врахування їх поглинання), а разом із сектором «Промислові процеси» – 84,4-90,0 %.

Для невідкладної боротьби зі зміною клімату, яка є потенційно необоротною загрозою для людства і планети, усі країни світу уклали в грудні 2015 року так звану Паризьку угоду, в рамках якої вони намагатимуться ефективно й належно реагувати на проблему глобальних викидів парникових газів. Ціль: утримати приріст середньої температури на планеті набагато нижче, ніж 2 °С (порівняно з до індустріальним рівнем) і докласти зусиль до обмеження зростання температури до 1,5 °С.

Крім того, країнам-підписантам запропоновано підготувати свої стратегії низьковуглецевого розвитку на період до 2050 року, ціллю яких має стати суттєве скорочення викидів парникових газів з одночасним забезпеченням

економічного зростання, підвищення добробуту громадян тощо. Тобто це має бути стратегія запровадження "зеленої" моделі економіки, яка продукує таку кількість викидів парникових газів, яка не перевищує кількість їх поглинання та уловлювання і зберігання. Очевидно, в цій стратегії ключову роль відіграватиме енергетика, яка має перейти від використання вуглемістких видів енергоресурсів до "чистих" та безпечних: енергія вітру, сонця, землі, біомаса та ін.

Відмовитись від спалювання вугілля на ТЕС на сьогодні неможливо, тому що нічим компенсувати такі об'єми виробництва електроенергії, які виробляють ТЕС. На сьогоднішній день Україна імпортує вугілля, але в майбутньому коли на сході завершиться антитерористична операція, з'явиться можливість відмовитися від імпорту. Тож величезне значення для економіки України мають також корисні копалини ОРДЛО, тому зростання видобутку тих видів, які користуються попитом, дозволить відмовитися від імпорту вугілля, та в найближчому майбутньому значно зміцнити економіку всередині країни.

В Україні пріоритет вугілля як первинного енергоносія (див. рис. 1.1) зростає завдяки його головній перевазі перед газом, нафтою, ядерним паливом – наявністю великих запасів у надрах землі. А також через його потенційну спроможність забезпечити економічну стабільність України, енергетичну безпеку та незалежність від інших країн-постачальників енергоресурсів [2].

Україна володіє значними запасами вугілля, поклади якого до глибини 1500 м оцінюються в 117,3 млрд., тон, з них промислових запасів на діючих шахтах - 6,5 млрд., тон, з яких 3,5 млрд., тон - енергетичне вугілля. У структурі запасів вугілля на частку пластів потужністю більше 1,2 м припадає лише 20,4 %, на тонкі пласти (до 1,2 м) - 74 %, в тому числі на вельми тонкі (менше 0,7 м) - 33,3 % [3].

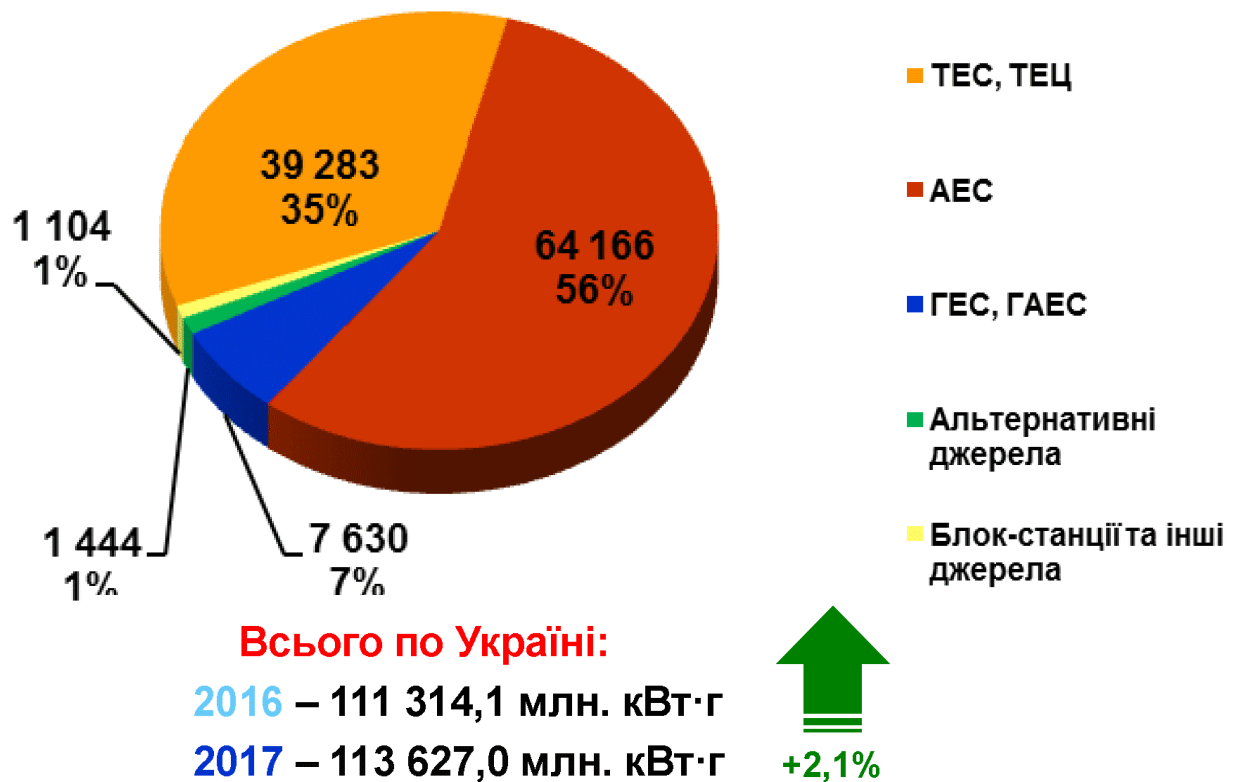


Рис. 1.1. Виробництво електроенергії, млн. кВт·г, 2017 р. (за даними Міненерговугілля [31])

Маючи в своєму розпорядженні настільки значними запасами вугілля всіх марок, Україна може і повинна будувати свою економіку незалежно від надходження енергоносіїв із-за кордону.

Для успішного функціонування галузі мало мати розвідані запаси, потрібні ще й капітальні вкладення на будівництво нових і реконструкцію діючих шахт з метою оновлення основних фондів. Гірничодобувне підприємство відрізняється від інших виробництв тим, що одночасно з видобуванням корисних копалин постійно необхідно споруджувати нові і підтримувати існуючі гірничі виробки. Відставання в проведенні розкривних і підготовчих виробок веде до неухильного зниження сумарної протяжності очисних вибоїв, а погіршення стану підтримуваних виробок обумовлює значні обсяги ремонтних робіт і, як наслідок, викликає збільшення собівартості видобутку вугілля [4].

Одне з перших полягає в тому, що вугільні родовища України в порівнянні з родовищами основних вугледобувних країн, характеризуються найбільш

складними гірничо-геологічними умовами. Середня глибина розробки пластів на Донбасі, де видобувають понад 90 % вугілля, перевищує 700 м, а перспективні шахтні поля залягають на глибинах до 1600 м. Гірничо-геологічні умови Донбасу, скорочують час служби гірничих виробок так, як крім витрат на проведення вироблення, витрачаються великі гроші на підтримку. Це пов'язано з здійманням підосви виробки, а також підвищеним гірським тиском в боках і покрівлі виробки.

Частка гірничих виробок у вартості основних фондів вугільних шахт доходить до 60 %. Тому в останні роки приділяється велика кількість роботи на підвищення стійкості виробок, і зниження їх вартості.

Головна проблема гірників державних видобувних компаній – постійні затримки зарплатні. Шахтарі з 35 шахт, які залишилися на контрольованих урядом України територіях, працюють в надзвичайно складних умовах. Грошей на нову техніку, закладення нових лав катастрофічно бракує. Шахти мають величезні борги, менеджмент більшості підприємств неефективний. У власності держави залишилися шахти з найгіршими геологічними умовами. Перспективні шахти були приватизовані і тепер майже всі належать групі компаній ДТЕК Ріната Ахметова. Приватні шахти зараз добувають майже 70 % усього вугілля [5].

Єдиний вихід – підвищення ефективності. Таким шляхом пішли в приватній компанії ДТЕК. Собівартість продукції на цих шахтах тепер значно нижча, а ніж на державних шахтах, адже приватний власник значно ефективніший. 2014-го року нова парламентська коаліція ухвалила рішення про те, що галузь необхідно реформувати. Обрали ринковий підхід: відмовитися від дотацій та вкладати гроші в модернізацію перспективних шахт.

1.2. Огляд літератури за темою магістерської роботи

1.2.1. Огляд засобів охорони підготовчих виробок в зоні впливу лави.

Останнім часом значно змінились системи підготовки та розробки вугільних пластів. У минулому найбільш популярним способом охорони підготовчої виробки були вугільні цілики та бутові смуги, наразі ж все більш широких обсягів застосування знає безціликовий спосіб охорони виробки.

У зв'язку із зазначеною тенденцією переглянута роль вугільних ціликів на користь відмови від них. Завдяки цьому виникає актуальність створення нової технології охорони підготовчих виробок, що виключає залишення вугільних ціликів за рахунок більш оптимального добору кріплень, які повинні забезпечувати робочий стан виробки впродовж передбачуваного їй терміну роботи.

Основні схеми підтримання виробок [15] при безціликовому відпрацюванні пластів й відносні обсяги їх використання, а також частина незадовільного стану підготовчих виробок на шахтах України наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Аналіз схем підтримання підготовчих виробок на шахтах України

Схема підтримання виробки	Питома вага використання, %	Частка довжин виробок з незадовільним станом, %
Виробки, пройдені в масиві, за лавою гасяться	16,7	10,7
Виробки, пройдені в масиві, за лавою, які підтримуються	27,7	14,6
Повторно використовувані виробки, за лавою гасяться	18,7	20,0

Продовження табл. 1.1

Схема підтримання виробки	Питома вага використання, %	Частка довжин виробок з незадовільним станом, %
Повторно використовувані виробки, за лавою, які підтримуються	7,5	20,6
Виробки, пройдені впрісічку до виробленого простору	5,3	11,3
Виробки, пройдені за лавою	24,1	16,4

Основний обсяг застосування способів підтримки виробок без залишення ціликів вугілля припадає на системи розробки зі збереженням штреків за лавою з метою їх повторного використання, а також для підсвіження вихідного струменя повітря. При цьому найбільша протяжність виробок в незадовільному стані, підтримуваних за лавою, доводиться на повторно використовувані, найменша - на виробки, пройдені впрісічку до виробленого простору. Це пояснюється тим, що виробки повторно підтримуються в найбільш несприятливих умовах, основними з яких є: зміщення порід при проведенні виробки, опорний тиск попереду та за лавою по межі очисних робіт, опорний тиск в зоні впливу другої лави. Виробки, пройдені впрісічку, знаходяться в зоні розвантаження масиву і тому в меншій мірі зазнають вплив очисних робіт [30].

Основна частина горизонтальних та похилих виробок закріплені піддатливим кріпленням. Загалом на вугільних шахтах України 84,87% виробок закріплені металевим арочним піддатливим кріпленням, 6,27% - монолітним бетоном, 5,35 % - збірним залізобетоном, 1,69 % - дерев'яним, 1,67% інші види, 0,15 % - анкерним.

У разі недостатньої міцності кріплення використовують засоби його підсилення. До таких відносяться: гідравлічні, металеві та дерев'яні стояки.

Види огорож підготовчої виробки, що охороняються:

1. Жорсткі

- а. Органне кріплення
- б. Литі смуги
- в. Цілики вугілля
- г. Тумби з блоків БЖБТ

2. Піддатливі

- а. Бутокостри
- б. Дерев'янні костри

3. Обмежено піддатливі:

- а. Породні смуги
- б. Костри зі шпального бруса
- в. Суцільні накатні костри

Найбільше розповсюджені бутові смуги при розробці тонких пластів на невеликих глибинах. Ручний спосіб їх зведення має ряд недоліків серед яких - висока трудомісткість, великі витрати часу та низька якість. При такому способі охорони відбувається нерівномірне навантаження на кріплення виробки.

Костри з круглого лісу мають меншу трудомісткість, але спосіб зведення як і раніше залишається ручним. Костри такого типу мають велику піддатливість. Даний спосіб, як і попередній, має схожі деформації як при охороні бутовими смугами.

Менша піддатливість і велика несуча здатність властива кострам з шпального бруса, суцільним шахтним кострам і бутокострам. При застосуванні такого способу відбуваються менші деформації та зсув контуру, в порівнянні зі звичайними кострами або бутовими смугами.

Органне кріплення - забезпечує своєчасне обвалення порід покрівлі, це кріплення чинить опір опусканню одразу після встановлення. Коли ж міцність органного кріплення долає межу навантаження від покрівлі, відбувається руйнування стійок і в наслідок підвищується навантаження на кріплення.

Тумби з БЖБТ є жорсткими, як у випадку з органом кріплення, вони також виконують функції опори, щоб забезпечити обраний спосіб керування покрівлею. Недоліки - висока трудомісткість і небезпечність зведення вручну.

Литі смуги з швидкотвердіючих матеріалів на відміну від тумб зводять механізованим способом. До переваг відносять: висока несуча здатність, низька трудомісткість.

Аналіз існуючих засобів охорони підготовчих виробок свідчить, що найбільш прийнятний варіант надають комплексні заходи, спрямовані на недопущення розвитку зони непружних деформацій.

1.2.2. Огляд способів охорони підготовчих виробок.

У різні роки процеси, що протікають в виробках вивчалися в ІГД ім. А.А. Скочинського (Ліберман Ю.М.), ДонУГИ (Заславський Ю.З., Комісарів М.М., Кіндур В.П.), ДГІ (Максимов А.П., Шашенко О.М.) , ДПІ (Кошелев К.В., Зборщик М.П.), Слухаючи (Ардашев К.А., Бажин Н.П.), МДІ (Цимбаревич П.М., Черняк І.Л., Сонін С.Д. , Шейхет М.Н.), ІГТМ НАН України (Усаченко Б.М., Глушко В.Т.), КузПІ (Штумпф Г.Г., Западинський Л.А.), (Векслер Ю.А.), КГМІ (Литвинський Г.Г.), ЛГМ (Смірняков В.В.), ВНПОМШС (Друцький В.П., Косков І.Г. та ін.). Але складність проблеми гірського тиску взагалі та підтримки виробок зокрема не дозволила досі знайти універсальне рішення, яке могло б задовольнити вимогам збереження експлуатаційного стану гірничих виробок в зоні впливу очисних робіт.

Сучасні методи і заходи спрямовані на підвищення стійкості вельми різноманітні та нерідко суперечливі. В одних умовах шахт одні й ті ж способи ефективні, в інших - марні. Це є наслідком неправильного підходу до різних ситуацій з підтримки виробок. Найбільш раціональним методом є вивчення кожного випадку окремо. Тому вивчення різних форм прояву гірського тиску в виробках, які знаходяться в зоні впливу очисних робіт, а також аналіз існуючих рішень є важливою науковою та технічною задачею, спрямовану на зниження

вартості спорудження та підтримки гірничих виробок вугільних шахт і собівартості вугілля.

У роботах [16, 17] узагальнено результати багаторічних досліджень прояви гірського тиску на шахтах головних вугледобувних районів країн СНД, за результатами яких сформульовано загальні уявлення про поведінку порід в околицях гірничої виробки. Запропоновано модель поведінки товщі порід покрівлі над сполученням лави зі штреком, зображений характер зміни амплітуди і швидкості переміщень порід по довжині лави.

Бабіюк Г.В. в своїй роботі [4] пропонує в породах, схильних до крихкого руйнування, розвантаження забезпечувати за рахунок зниження діючої на контурі виробки напруги за допомогою щілин і камуфлетних вибухів, а також зміни форми поперечного перерізу виробки або зони непружних деформацій.

У роботах [18, 19, 20] пропонується ряд способів охорони виїмкових штреків, в тому числі для їх повторного використання. До числа основних способів відносяться: підривання порід підшви без перекріплення або з заміною кріплення; проведення штреків в надробленій товщі; зміцнення порід; розвантаження порід щілинами, свердловинами та камуфлетними вибухами. Однак на великих глибинах здимання порід в виїмкових штреках може досягати більше 1 м. Обсяг підривання ґрунту штреку довжиною, наприклад, 1 км становитиме 2500 т в рік, що дуже дорого. Крім того, порода потрапить в загальний потік гірської маси, збільшуючи її технологічну зольність.

Для охорони виїмкових штреків використовують різні способи і технічні засоби. На шахтах, що відпрацьовують пологі пласти, застосовують, як правило, комплекс технічних засобів, які низка авторів називає комбіновані охоронні системи [21-26]. Така система включає кріплення посилення до аркового кріплення штреку, охоронні конструкції, що зводяться в лавній частині сполучення та кріплення сполучення лави зі штреком, а також засоби для зміни фізико-механічного стану порід.

Конструкція комбінованих охоронних систем визначається багатьма факторами: геометричними параметрами виробки, що охороняється, гірничо-

геологічними умовами, технологічними і економічними можливостями гірничого підприємства. Обов'язковим елементом комбінованої охоронної системи, за рідкісним винятком, є рамне кріплення.

Для з'ясування рівня ефективності комбінованої охоронної системи доцільно проаналізувати ефективність окремих її елементів: рамного кріплення, замків, анкерів, охоронних смуг і т.п.

В роботі [27] розглянуті геомеханічні аспекти та науково-обґрунтовані способи збереження виїмкових штреків. Автори вважають, що збереження цілісності та несучої здатності порід над виробкою буде досягнуто при формуванні природної консолі, що залягає над виробкою. У разі нестійких порід пропонується зміцнювати їх попереду руху лави, наприклад, за допомогою анкерно-стяжних кріплень, хімічного анкерування та інших засобів. Іншим ефективним способом є проведення виїмкових штреків слідом за рухом лави, що дозволить уникнути впливу передової хвилі опорного тиску на стан порід навколо виробки, запобігти їх розшаруванню та деформації.

Перехід на рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок дозволило вирішити значну частину проблем з підтримки виробки в робочому стані до підходу лави. Однак, резерви анкерного кріплення використовуються не повністю. Перша причина - запізніле встановлення анкерів уже при наявності розшарувань в приконтурній зоні масиву. Друга - традиційна орієнтація рамно-анкерної схеми кріплення на симетричний характер навантаження, що не прийнятне для ефективного підтримки виїмкового штреку за лавою.

Найбільш поширений і економічно обґрунтований варіант управління надійністю гірничої виробки [15, 28, 29] є її повторне використання.

Так, в дисертації І.М. Поповича [15] пропонується використовувати анкерне кріплення в поєднанні з прийнятим способом охорони виробки для повторного використання цієї виробки для умов ВП «шахта Комсомольська» ДП «Антрацит». У монографії О.О. Логунової [28] фокус роботи зосереджено на обґрунтуванні комбінованих систем кріплення та охоронних конструкцій на сполученні «штрек-лава» в умовах шахти «1-3 Новогродівська» ДП «Селидіввугілля».

Два останніх варіанти об'єднує рішення задачі через чисельне моделювання шляхом розгляду характеру поведінки масиву на моделі.

В роботі [29] для охорони виробок пропонується комбінована охоронна система. В основу механізму роботи даної охоронної системи покладено ефект наростання опору. Комбінована охоронна система являє собою комплекс засобів, послідовно встановлених у виробці на різних етапах її підтримання (рис. 1.2.).

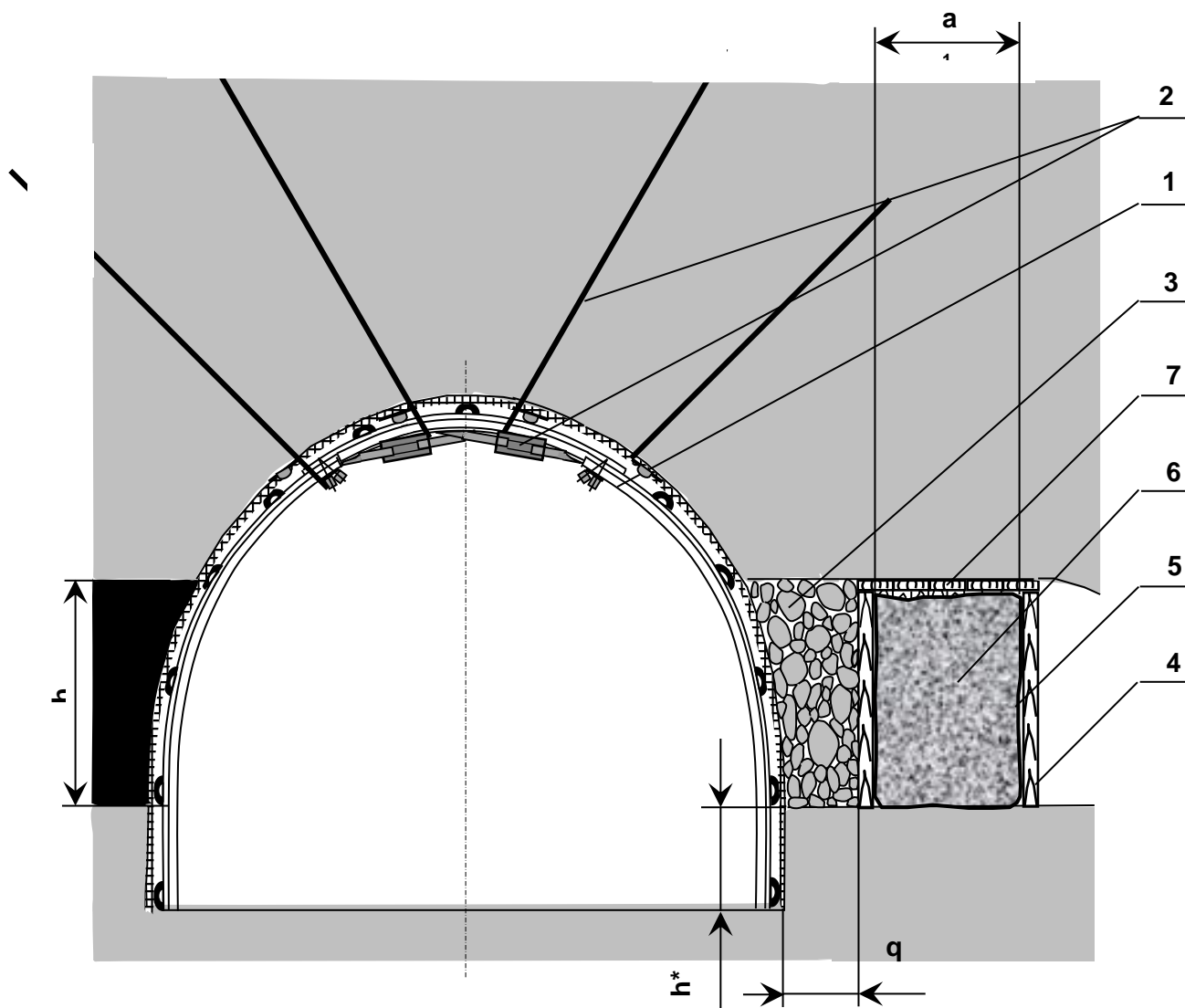


Рис. 1.2. Комбінована охоронна система: 1 – арочне кріплення, 2 – анкерне стяжне кріплення, 3 – забутовка, 4 – стойки органного кріплення, 5 – залитий мішок, 6 – жорстка літа смуга, 7 – зтяжка покрівлі

Перший етап кріплення виробки здійснюється безпосередньо після розкриття перерізу виробки в породному масиві. Його основним завданням є

запобігання розшарування порід покрівлі. На цьому етапі з відставанням від забою не більше, ніж на 3 м виконують установку рамного кріплення. У традиційній схемі кріплення використовують переважно арочні піддатливі кріплення КМП-А3 і КШПУ. Після встановлення рам, в проміжках між ними встановлюють анкерне стяжне кріплення. Перевага цієї охоронної конструкції перед системою одиночних анкерів полягає в створенні ефекту фіксації блоків породного масиву в покрівлі виробки, що охороняється.

Другий етап кріплення виконують при підході лави. Він включає установку кріплення сполучення, посилення бровки з боку відробляння стовпа і підхоплення верхняка анкерами.

На третьому етапі, безпосередньо після проходу лави, виконують зведення литої смуги. Для запобігання розшарування порід безпосередньої кривлі у виробленому просторі відставання з спорудженням смуги не повинна перевищувати 6 м. Під замки рамного кріплення встановлюють стійки посилення діаметром 180-200 мм.

Слід враховувати, що у борта виробки з боку цілика конвергенція після проходу лави становить від 10 до 50% потужності пласта, а з боку виробленого простору - 30 ... 80 %. Завдання способів охорони штреку з боку виробленого простору є забезпечення мінімальної різниці в конвергенції у обох боків виробки.

Литі смуги досить ефективні, якщо край покрівлі пласта уздовж штреку не обрушується після проходу лави, а опирається на смугу. Застосування смуг до різних гірничо-геологічних умов рекомендують досягати за рахунок її ширини. Якщо в ґрунті пласта залягають слабкі породи, рекомендується уздовж штреку зводити дві смуги, причому смуга, що примикає до штреку, повинна вже бути споруджена, а відстань між смугами - в межах 0,5-1,5 м.

При повторному використанні штреку незадовго до підходу лави спостерігається сильне віджимання пласта, що приводить до руйнування кріплення виробки.

При двостороннім відпрацьовуванні штреку конвергенція досить значна. В таких умовах жорсткі породні смуги можуть дуже вдавлюватися в бічні породи

або «обжиматися» останніми. Для повторного використання штреку в цьому випадку рекомендують дерев'яні костри або накатники, що викладаються з обох сторін виробки. Відставання литої смуги від лави повинно бути мінімальним.

Виконаний аналіз способів і засобів охорони виїмкових штреків дозволяє сформулювати наступні висновки:

- більшість технологій охорони ґрунтується на збереженні цілісності вуглепородного масиву, що оточує штрек;

- найбільш ефективними в умовах нестійких порід, є: підтримка покрівлі біляштрковими смугами, в тому числі породними, а також підвищення несучої здатності кріплення штреку;

- згідно зі способами охорони застосовують відповідні засоби: закладні машини, вибухові породні смуги, пристрої для створення смуг з твердіючих матеріалів, засоби підвищення опору аркового кріплення;

- до нетрадиційних способів охорони штреку в умовах нестійких порід відноситься його рух позаду вибою лави, що вимагає переходу на комбіновані системи розробки пласта;

1.3. Мета, ідея і основні завдання досліджень

Аналіз стану підготовчих виробок вугільних шахт України, а також витрат, пов'язаних з їх підтримкою та ремонтом, показує, що великі труднощі при підтримці підготовчих виробок в експлуатаційному стані представляють великі зміщення контуру виробки.

Таким чином, проблема підтримки підготовчих виробок в стійкому стані під час всього періоду їх експлуатації не тільки залишається актуальною, але і набуває зростаючий характер і вимагає створення, промислового освоєння і впровадження ефективних способів охорони, підтримки та розробки нових конструкцій кріплення підготовчих виробок. Особливої актуальності це завдання набуває при переході видобутку корисних копалин на великі глибини. Вирішення цього завдання вимагає обґрунтування відповідних висновків,

критеріїв, раціональної області застосування тих чи інших способів підтримки виробок, і є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої присвячена ця дипломна робота.

Метою роботи є обґрунтування параметрів систем кріплення підготовчої виробки, пройденої в складних гірничо-геологічних умовах шахти імені Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля".

Об'єкт досліджень - геомеханічні процеси, що розвиваються в околиці гірничої виробки з рамної кріпленням.

Предмет досліджень - напружено-деформований стан неоднорідного приконтурного масиву, що містить вироблення.

Основна ідея полягає в використанні чисельного методу моделювання та сучасного програмного комплексу Rockscience «RS2» для оцінки напружено-деформованого стану складно-структурного породного масиву, в якому розташовуються виробки.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні основні задачі досліджень:

- аналіз існуючих джерел інформації присвячені проблемам підтримки підготовчих виробок;
- розробка та калібрування базової моделі;
- розробка робочої моделі для оцінки напружено-деформованого стану оцінюваної геомеханічної системи.
- аналіз результатів моделювання і обґрунтування раціональних параметрів рамного кріплення в розглянутих умовах.

Методологічну основу досліджень складає комплексний підхід, що включає аналіз і узагальнення джерел інформації, за тематикою досліджень, натурні спостереження, лабораторні аналітичні дослідження з залученням методів будівельної механіки, теорій пружності, пластичності, чисельних методів.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано актуальність досліджень. Показано, що завдання, пов'язані з підвищенням стійкості виробок, підвищенням ефективності роботи систем кріплення, є важливими з точки зору ефективності роботи вуглевидобувного підприємства.

2. Вугілля є єдиним енергоносієм на території України, запасів якого достатньо на довгострокову перспективу і який гарантовано може становити основу енергетичної незалежності та безпеки держави. Вугільна промисловість є стратегічною галуззю.

3. Виконано класифікацію засобів і способів забезпечення стійкості і надійності виробок.

4. Сформульовано мету досліджень та їх основна ідея. Визначено об'єкт і предмет досліджень. Сформульовано основні завдання досліджень.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. ОПИС ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ

2.1. Загальна характеристика шахти «ім. М.Ф. Мельникова»

2.1.1. Розташування шахти.

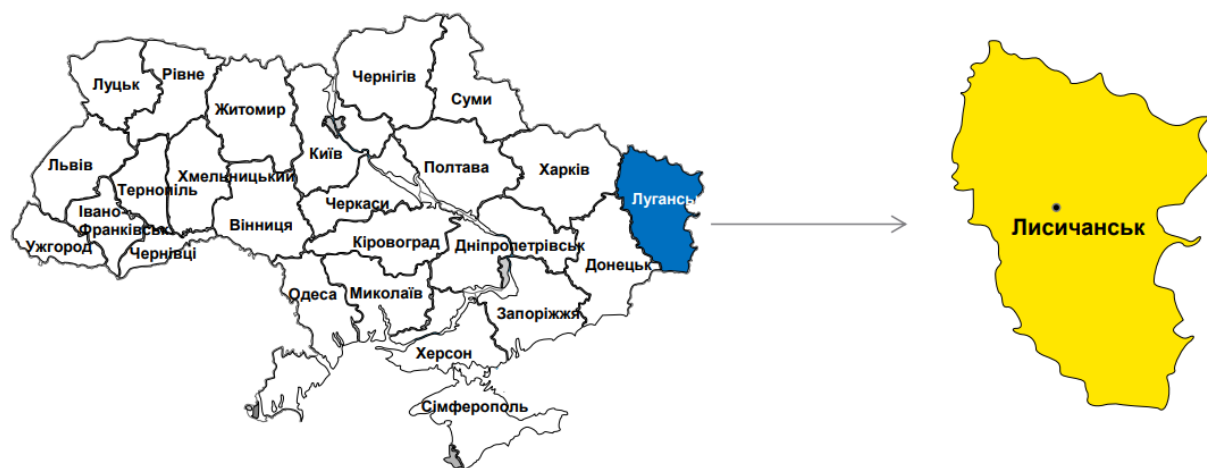


Рисунок 2.1. Розташування шахти

Шахта ім. Д. Ф. Мельникова розташована в Лисичанському геолого-промисловому районі на території м. Лисичанськ Луганської області, займає північно-західну частину Донецького вугільного басейну.

2.1.2. Запаси вугілля та характеристика шахти.

- Річна проектна потужність – 840 тис. тон
- Запаси залягають в основному з кутом падіння від 15 до 25 градусів
- Середній термін використання шахти при виході на проектну потужність становить більше 20 років
- Видобуток кам'яного вугілля марки «Д», «ДГ», «Г» (згідно української класифікації) по пластах l_6 , l_5 , l_4 , l_3 , l_2' , k_8^B , k_8^H , k_7' , k_7 на шахті ім. Д. Ф. Мельникова ведеться на основі ліцензії, що видана на 10 років
- Шахта була здана в експлуатацію у 1937 р.

- Протяжність підтримуваних гірничих виробок – 38,1 км. Середня глибина розробки – 855 м, глибина нижньої технічної границі шахти – 950 м

- Шахтне поле розкрито 2-ма центрально-здвоєними вертикальними стовбурами (головний та допоміжний) діаметром (\varnothing) 4,0 м і 5,5 м та глибиною 528 м і 558 м, а також допоміжним стовбуром (\varnothing – 8,0 м, глибина 840 м)

- Потужність пласта складає від 0,6 до 2,4 м

- Водопритік в шахту – 135 м³/година

- Категорія шахти по газу – над категорійна

- Кількість повітря, що подається в шахту для провітрювання, складає до 6560 м³/хв.

- На даний час виїмка вугілля проводиться 1 північною лавою пласта ℓ_6 і 1 південною лавою пласта k_8 . З червня 2015 р. введення в експлуатацію очисного вибою 122 північної лави пласта k_8

Характеристика вугілля

- Марка – «Д», «ДГ» та «Г»

- Сірка – 3,0 %

- Зольність пластів – 13,2 %

- Вологість – 6,2 %

- Вихід летючих речовин – 42,0 %

2.1.3. Капітальні інвестиції та основні фонди.

У період 2012–2013 рр. загальний обсяг капітальних інвестицій склав 365,7 млн. грн. 94,0% від загального обсягу інвестицій було спрямовано на закупівлю обладнання.

Упродовж 2010-2013 рр. було збудовано наступні об'єкти: приміщення аварійно-ремонтного підйому з підйомною машиною Ц-3х2,2-1 на новому промисловому майданчику шахти, що дозволить встановити допоміжний стовбур в режимі «Запасний вихід».

За прогнозними даними значний обсяг капітальних інвестицій очікується у 2015 р. – 61 млн. грн., 26,2 % з яких буде витрачено на обладнання.

На 01.10.2014 значну частку основних фондів шахти склали обладнання виробничого призначення (68 % у структурі ОФ), а також будівлі та споруди виробничого призначення (31 % у структурі ОФ).

Залишкова вартість основних фондів складає 790,4 млн. грн.



Рисунок 2.2. Структура основних фондів

2.1.4. Операційні та фінансові показники.

Шахта впродовж останніх трьох років нарощує обсяги видобутку вугілля. У 2014 р. було видобуто 570,1 тис. тон, що на 120,1 тис. тон більше ніж у 2013 р. У 2015 р. очікується видобути 756 тис. тон

У 2014 р. виручка шахти склала 129,7 млн. грн. без ПДВ, що на 29,2% більше ніж у 2013 р., в якому виручка склала 100,4 млн. грн.

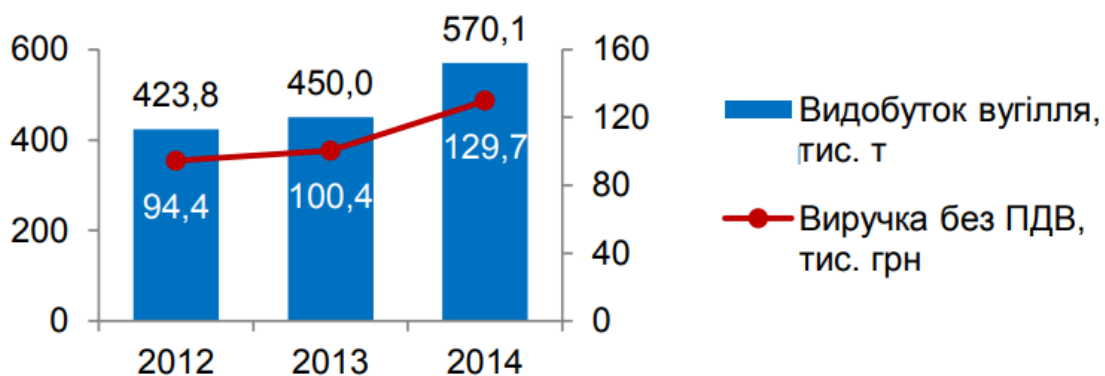


Рисунок 2.3. Обсяг чистої виручки та видобутого вугілля

2.2. Гірничо-геологічні умови

2.2.1. Спосіб розкриття, підготовки і розробки.

Шахтне поле розкрите двома центрально здвоєними вертикальними стовбурами глибиною 518 м. Уклоне поле нижче г.518 м. Розкрите польовими уклонами до г.820 м.

Підготовка шахтного поля - поверхова, без поділу поверху на підповерхи.

Система розробки - довгі стовпи за протиранням. Довжина гірничих виробок на шахті 46 км.

Крім того, згідно з проектом «Розкриття та підготовка г.820 м», розробленого Південдіпрошахт м. Харків, на новому проммайданчику мається допоміжний стовбур глибиною 820 м, який експлуатується в режимі вентиляції і в перспективі буде переобладнаний в вантажно-людський.

Система розробки: комбінована.

2.2.2. Геологія.

Ділянка Мельниківська Нижня знаходиться в межах Лисичанського геолого-промислового району.

В геологічну будову ділянки беруть участь відкладення середнього та верхнього відділів карбону, перекриваються породами мезо-кайнозоя-тріасового, верхнемелового, третинного і четвертинного періодів.

Кам'яновугільні відкладення представлені світами C_3^2 C_3^1 C_2^7 C_2^6 C_2^5 C_2^4 , верхнього та середнього відділів.

Літологічний склад світ одноманітний та представлений перешаруванням, пісковиків, сланців глинистих і піщаних, вапняків і вугільних пластів.

2.2.3. Гідрогеологія.

Ділянка розташована на правому схилі водорозділу, між річками Сіверський Донець і Верхня Біленька.

Підземні води приурочено до відкладів палеогену, верхньої крейди, тріасу та карбону. В обводнених гірничих виробках шахти беруть участь тільки води кам'яновугільних відкладень.

Підземні води приурочені до пластів піщаників і вапняків, рідше до піщаних сланців. Водоупорами є глинисті сланці.

Мінералізація на рівні 1500-2500 мг/дм³.

Переважає тип вод - сульфато-хлоридно-гідрокарбонатно-кальцієво-натрієві. Води лужні і слаболужні. Загальна жорсткість коливається в межах 10 – 40 мг/екв.

За вмістом сульфатів шахтні води агресивні до бетонів нормальної щільності. До сталевих конструкцій вода є сильно агресивна.

2.2.4. Наявність і характеристика геологічних порушень.

Лисичанський геолого-промисловий район є частиною складно-побудованої складчастої структури північно-східного крила Бахмутської котловини.

Складчаста структура площі на північному сході і південному заході ділянки ускладнюються Подовжнім всбросом і Матроським надвигом.

Поздовжній всброс прослідковується з поля шахти «Новодружеская» через поле шахти ім. Д. Ф. Мельникова та примикає до Лисичанському надвигу.

Простягання всброса на всьому протязі витримане з північного заходу на південний схід. Падіння змішувача на північний схід (зворотне падіння порід) під кутом від 30⁰ до 60⁰.

Стратиграфічна амплітуда поздовжнього всброса коливається у великому діапазоні від 0-10 м. до 150-245 м.

Блок має складну структурно-тектонічну характеристику, пов'язану з наявністю плікативних форм. В зв'язку з цим гірничі виробки будуть проходитися в складних гірничо-геологічних умовах, пов'язаних з розвитком малих амплітудних порушень.

2.2.5. Стан капітальних і підготовчих виробок.

Обсяги проведення і підтримки виробок (капітальних і підготовчих окремо) по роках (за останні 7-10 років) представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Річні обсяги проведення і підтримки підготовчих гірничих виробіток

ВП "Шахта ім. Д.Ф. Мельникова"

Період	Проведення підготовчих виробок, м			в т.ч. розкриваючих і підготовчих, м			Гірничі виробки, що підтримують, м
	<i>план</i>	<i>факт</i>	±	<i>план</i>	<i>факт</i>	±	
1980 р.	12500	13400	+900	10000	12226	+2226	49888
1981 р.	13000	14485	+1485	11500	13182	+1682	47510
1982 р.	14200	15824	+1624	12200	14172	+1972	54919
1983 р.	15000	15370	+370	12675	13880	+1205	55284
1984 р.	14490	16485	+1995	13580	14841	+1261	59985
1985 р.	15300	16073	+773	14100	15080	+980	60932
1986 р.	15720	15853	+133	14270	14920	+650	57122
1987 р.	15750	14975	-775	14330	14561	+231	55354
1988 р.	15600	15925	+325	14100	15331	+1231	58959
1989 р.	13340	13278	-62	12740	12851	+111	58651
1990 р.	13325	12022	-1303	11650	11192	-458	56683
1991 р.	12120	10107	-2013	11650	9809	-1841	58492
1992 р.	10180	8230	-1950	9740	8075	-1665	59122
1993 р.	8520	6356	-2164	8200	6196	-2004	60765
1994 р.	7500	2794	-4706	7500	2794	-4706	46505
1995 р.	4500	3209	-1291	4500	3209	-1291	43232
1996 р.	4500	2692	-1808	4500	2692	-1808	43513
1997 р.	4300	1941	-2359	3750	1734	-2016	42841

Період	Проведення підготовчих виробок, м			в т.ч. розкриваючих і підготовчих, м			Гірничі виробки, що підтримують, м
	план	Факт	±	план	факт	±	
1998 р.	4300	1570	-2730	3300	1252	-2048	43128
1999 р.	3900	1712	-2188	3080	1373	-1707	42589
2000 р.	2840	1467	-1372	2210	1467	-743	32075
2001 р.	2400	664	-1736	1750	664	-1086	31839
2002 р.	2850	595	-2255	2850	595	-2255	31708
2003 р.	6570	484	-6086	5420	316	-5104	30781
2004 р.	2105	1810	-295	1655	1793	+138	30904
2005 р.	3500	2009	-1491	3250	2009	-1241	29621
2006 р.	3900	1905	-1995	3900	1905	-1995	31832
2007 р.	4500	2598	-1902	4500	2598	-1902	30976
2008 р.	3205	3555	+350	3205	3327	+122	31040
2009 р.	4000	2755	-1245	3500	2564	-936	30004
2010 р.	3400	2445	-955	3100	2246	-854	25069
2011 р.	4140	2600	-1540	3400	2118	-1282	26121
2012 р.	4400	3851	-549	3600	3180	-420	26941
2013 р.	3470	2584	-886	2970	2514	-456	28515

2.2.6. Характеристика площ виробок, використовуються на шахті.

При проведенні гірничих виробіток застосовуються, наступні види кріплення:

- АПЗ/9,2 – при проведенні вентиляційних штреків вслід за посуванням очисних вибоїв.
- АПЗ/11,2 – при проведенні вентиляційних штреків.

- АПЗ/13,8 – є основним видом кріплення при проведенні капітальних, підготовчих виробок на шахті в даний час.

В якості експерименту в 2013 року на шахті застосовувалася овоїдне кріплення КМП-АЗР2 з СВП-27 площиною 13,3 м².

2.2.7. Детальна характеристика вміщуючих порід і пластів.

2.2.7.1 Характеристика пласта k_8 .

Вугільний пласт k_8 – складного 3-4 пачечної будови.

Фізико-механічні властивості пласта:

$$\delta_{ст} \text{ кг/см}^2 - 110$$

$$\delta_{рос} \text{ кг/см}^2 - 15$$

Категорія буріння – VI

Вугілля чорне, напівблискучий, кларено – дереновий, тонкошаруватий, з призматичним відломлюванням, шаруватий від 0,01 м. до 0,10 м., тріщинуватий від 0,01 м. до 0,10 м з Аз. пад. $110^{\circ} < 80^{\circ}$, з включенням лінз вапняка, нальотів і прожилок кальцитів, з мінеральним включенням, зустрічаються конкреції колчеданна. Контакт із боковими породами чіткий, легковідокремлюючий. Вугілля сухе, середньої міцності $f = 1,5$, схильний до самозаймання.

На місці, запланованому до відпрацювання, потужність пласта k_8 коливається в межах 2,40 -2,60 м. Кут падіння становить $17 - 19^{\circ}$. тектонічних порушень не очікується. Природна газоносність вугільного пласта k_8 на горизонті 885 м становить 9,3 м³/т.

Основна покрівля представлена аргілітом темно-сірим, шаруватим від 0,10м до 0,70м, тріщинуватих від 0,10м до 0,40м з Аз. пад. $130^{\circ} < 80^{\circ}$ з включенням сідеритових поясків, схильного до обвалення, сухим, середньої міцності $f = 4$, легко обвалюється A_2 .

Безпосередня покрівля представлена вапняком L_1 , сірим, невитриманої потужності, шаруватим від 0,20 м. до 0,60 м., тріщинуватим, з включенням обвуглілої флори, в місцях потоншення, схильний до самообвалення, сухий, міцний $f = 8$, стійкий B_5 .

Безпосередня підосва - піщаник сірий, дрібнозернистий, на глинистому цементі, під пластом «кучерявчик», нижче шаруватий, тріщинуватий, сухий, середньої міцності, середньо стійкий P_2 .

2.2.7.2. Характеристика пласта l_2' .

Вугільний пласт l_2' - складного 2-3х пачечної будови.

Фізико-механічні властивості пласта:

$$\delta_{ст} \text{ кг/см}^2 - 140$$

$$\delta_{рос} \text{ кг/см}^2 - 18$$

Категорія буріння – VI

Вугілля чорне, напівблискучий, кларено – дереновий з примазками фюзена по нашаруванню, шаруватий від 0,01 м. до 0,10 м., тріщинуватий від 0,01 м. до 0,10 м з Аз. пад. $110^\circ < 80^\circ$, по тріщинах кліважа нальоти і прожилки кальциту. З мінеральних включень у вугіллі зустрічаються лінзи колчедану. Контакт вугілля із боковими породами чіткий, легковідокремлюючий, з вапняком L_3 від легко до тяжковідокремлюючий у вигляді «присухи» до 0.10 – 0.20 м. Вугілля сухе, середньої міцності $f = 1,5$, схильний до самозаймання.

На місці, запланованому до відпрацювання, потужність пласта l_2' коливається в межах 1,10 – 1,40 м. Кут падіння становить $22 - 19^\circ$. Тектонічних порушень не очікується. Природна газоносність вугільного пласта l_2' на горизонті 885 м становить $9,0 \text{ м}^3/\text{т}$.

Основна покрівля представлена алевролітом дрібнозернистим, шаруватим, тріщинуватим, сухим, середньої міцності $f = 5$, малостійкий A_2 .

Безпосередня покрівля представлена аргілітом і вапняком L_3 .

Аргіліт – темно-сірий, не чітка шаруватість, відзначаються дзеркала ковзання, тріщинуватий, середньої міцності $f = 4$, сухий, нестійкий $B_2(B1)$

Вапняк L_3 – невитриманої потужності, залягає окремими площами або лінзами, шаруватий, тріщинуватий, сухий, міцний $f = 8$, середньої стійкості B_4+B_2 .

Безпосередня покрівля представлена аргілітом, рихлим, перем'ятим з грудкуватої текстури, с відбитками обвуглілої флори, під пластом «кучерявчик», сухий, не міцний $f = 3$, стійкий П₁.

В гідрогеологічному відношенні вугільний пласт відносно сприятливий до відпрацювання, за винятком поодиноких випадків протікання води з пісковика L₃Sℓ₆ до 0,1 - 1,0 м³/год при посадці основної покрівлі.

2.2.7.3. Характеристика пласта ℓ₄.

Вугільний пласт ℓ₄ – складного 2-х пачечного, місцями 3-х пачечної будови.

Фізико-механічні властивості пласта:

$$\delta_{ст} \text{ кг/см}^2 - 110$$

$$\delta_{рос} \text{ кг/см}^2 - 18$$

Категорія буріння – VI

Вугілля пласта напівблискуче, в'язке, тонкошарувате, потужністю від 1,05 до 1,35 м, розділений рихлим аргілітом або вуглистими прошарками потужністю від 0,05 до 0,1 м, тріщинуватий від 0,01 м. до 0,10 м з Аз. пад. $110^\circ < 80^\circ$, по тріщинам наліт та прожилки кальцита з мінеральними включеннями, зустрічаються гнізда колчедану розміром 0,03 – 0,15 м, контакт з боковими породами чіткий, легковідокремлюючий, сухий, вугілля середньої міцності $f = 1,5$.

Безпосередня покрівля пласта представлена аргілітом, темно-сірого кольору, щільним, з дзеркалами ковзання, сухим, від слабо до середньо стійкого, середньої міцності $f = 4$, нестійкий Б₂.

Безпосередня підшва представлена перем'ятим аргілітом, грудкуватої текстури, з дзеркалами ковзання, з відбитками обвуглілої флори, суха, неміцна $f = 3$, нестійка П₁.

2.2.7.4 Характеристика пласта ℓ_5 .

Вугільний пласт ℓ_5 – простої будови.

Фізико-механічні властивості пласта:

$$\delta_{ст} \text{ кг/см}^2 - 110$$

$$\delta_{рос} \text{ кг/см}^2 - 18$$

Категорія буріння – VI

Вугілля пласта напівблискуче кларено-дюренове, злом нерівний, з призматичним відломлюванням, тонкошаруватий, шаруватий від 5 до 10 см, тріщинуватий від 0,01 до 0,10 м з Аз пад. $110^\circ < 80^\circ$, по тріщинах спостерігаються наліт піриту, контакт з бічними породами чіткий, легковідокремлюючий, сухий, середньої міцності $f = 1,5$.

Потужність пласта коливається в межах 0,80 - 0,90 м, кут падіння становить $16^\circ - 17^\circ$.

Безпосередня покрівля представлена аргілітом, темно-сірим, з рясними включеннями поясків і прошарків міцного сидерита, на контакті якого також відзначені дзеркала ковзання, сухий, від малостійкого до нестійкого (Б₃) Б₂, середньої міцності $f = 4$.

Безпосередня підшва представлена алевролітом, середньої міцності $f = 3 - 4$, Середньостійка П₂ (П₁).

2.2.7.5. Характеристика пласта ℓ_6 .

Вугільний пласт ℓ_6 – простої будови.

Фізико-механічні властивості пласта:

$$\delta_{ст} \text{ кг/см}^2 - 110$$

$$\delta_{рос} \text{ кг/см}^2 - 18$$

Категорія буріння – VI

Вугілля чорне, блискуче, крихке, тонкошарувате з призматичним відломлюванням, шарувате від 0,01 м. до 0,10 м., тріщинуватий від 0,01 м. до 0,10 м з Аз. пад. $110^\circ < 80^\circ$, з нальотом фюзена, з включенням міцних конкрецій

колчеданна, контакт з бічними породами чіткий, легковідокремлюючий. Вугілля сухе, середньої міцності $f = 1,5$.

На ділянці, запланованому до відпрацювання, потужність пласта ℓ_6 коливається в межах 0,78 - 1,0 м, кут падіння становить $18^{\circ} - 16^{\circ}$. тектонічних порушень не очікується. Природна газоносність пласта ℓ_6 на гор. 885 м становить $7,9 \text{ м}^3/\text{т}$.

Основна покрівля представлена перешаруванням сланцем, пісковика і вапняка середньої категорії відвалювання A_2 .

Безпосередня покрівля представлена аргілітом або алевролітом, темно-сірим, з включенням сидеріто-глиністих конкрецій у вигляді лінз або поясків, з дзеркалами ковзання. Покрівля суха, середньої міцності $f = 4 - 5$, нестійка, $B_2(B_1)$.

Можливе надходження води в лаву з пісковика, що залягає в покрівлі пласта, очікуваний приток води 1 - 2 $\text{м}^3/\text{год}$, збільшення притоку до 3,0 - 3,5 $\text{м}^3/\text{год}$ можливо при посадці основної покрівлі.

Безпосередня підосва представлена аргілітом, алевролітом, нестійка $П_1$. Можливо надходження води з пісковика, що залягає безпосередньо в підосви пласта, очікуваний приток 1,0 - 1,5 $\text{м}^3/\text{год}$.

2.2.8. Характеристика прояви гірничого тиску в гірничих виробках.

До проведення виробки в масиві існує природне поле напружень, вертикальна компонента якої дорівнює вазі вищерозміщеної товщі порід YH (де Y – середньозважений питома вага порід, H – глибина розглянутої точки масиву), а горизонтальна KYH (де K - коефіцієнт бокового розпору) .

При проведенні виробки в навколишньому її масиві відбувається перерозподіл напружень відповідно до законів геомеханіки. При цьому в залежності від співвідношення величин виникаючих напружень і фізико-механічних властивостей порід масив деформується - з руйнуваннями порід і навколо виробки утворюється зона непружних деформацій.

У виробках процес утворення тріщини розвивається в часі. Після проведення на відстані 0,5 - 1,0 м від контуру виробки утворюється система мікротріщин. Ці мікротріщини мають різні напрямки, але переважають тріщини радіальні по відношенню до осі виробки й паралельні до її стінок. Для порід з яскраво вираженою шаруватістю характерними є тріщини розшарування.

З течією часу навколо виробки утворюється зона інтенсивної тріщинуватості.

Інструментальні спостереження за характером деформації кріплення і інтенсивністю зміщення бічних порід покрівлі і підшви виробок показують, що найбільша інтенсивність зсувів оточуючих гірничу виробку порід спостерігається в початковий період її проведення. А потім процес дещо стабілізується і знову сильно зростає з підходом до неї очисних робіт.

Тривалість інтенсивного періоду зміщень залежить від фізико-механічних властивостей вміщуючих порід і глибини залягання виробок.

З огляду на, що відпрацювання більшості пластів на ділянці буде проводитися на глибинах 700-800 м, а вміщуючі породи відносяться до слабких по міцності, всі типи проведених виробок будуть характеризуватися нестійким станом.

Про зменшення стійкості виробок з глибиною свідчать дані гірничих виробок по шахті. Різко зростає необхідність їх періодичного ремонту.

На стійкість вміщуючих порід значний вплив робить надроблення (і підроблення) вугільних пластів.

Залишення ціликів приводить до втрати стійкості безпосередньої і основної покрівлі та підшви і як наслідок цього, до різкого зростання інтенсивності процесу утворення вивалів і здимання порід підшви.

2.2.9. Ремонтні роботи в протяжних виробках.

На шахті застосовуються 2 види ремонтних робіт: підривання і перекріплення гірничих виробок.

На шахті збереглися дані по ремонту гірничих виробок за період з 2010 по теперішній час. У 2010 році було відремонтовано 4950 м; в 2011 році було відремонтовано 9163 м; в 2012 році відремонтовано 8518 м гірничих виробок.

Вартість 1 погонного метру ремонтних робіт за даними на липень 2013 року становить 4436 гривень.

2.2.10. Детальна характеристика процесу здимання порід підшоши.

Безпосередня підшоша вугільних пластів представлена аргілітами або алевролітами, в меншій мірі пісковиками.

Міцність цих порід на стиск відносно невисока з середніми показниками від 180 до 380 кг/см². Текстура їх переважно грудкувата, порушена рештками кореневої системи («кучерявчик»). Аналогічна характеристика підшоши пластів сприяє розвитку явища здимання порід при виробництві як очисних робіт, так і під час проведення підготовчих виробок.

Особливо інтенсивне здимання відбувається по аргілітах, як найменш міцних породах з більш різко вираженим грудкуватим складанням. Величина здимання становить від 0,5 м до 0,30 м за добу.

Найбільш високі показники здимання мають місце на ділянках поширення сланців потужністю до 0,10 – 1,0 м (під пластом). (Див. рис. 2.4.)

Узагальнюючи наявний фактичний матеріал, можна зробити висновок, що проведення очисних і підготовчих робіт на ділянці буде пов'язано здебільшого з наявністю нестійких порід в покрівлі та підшоши пласта.

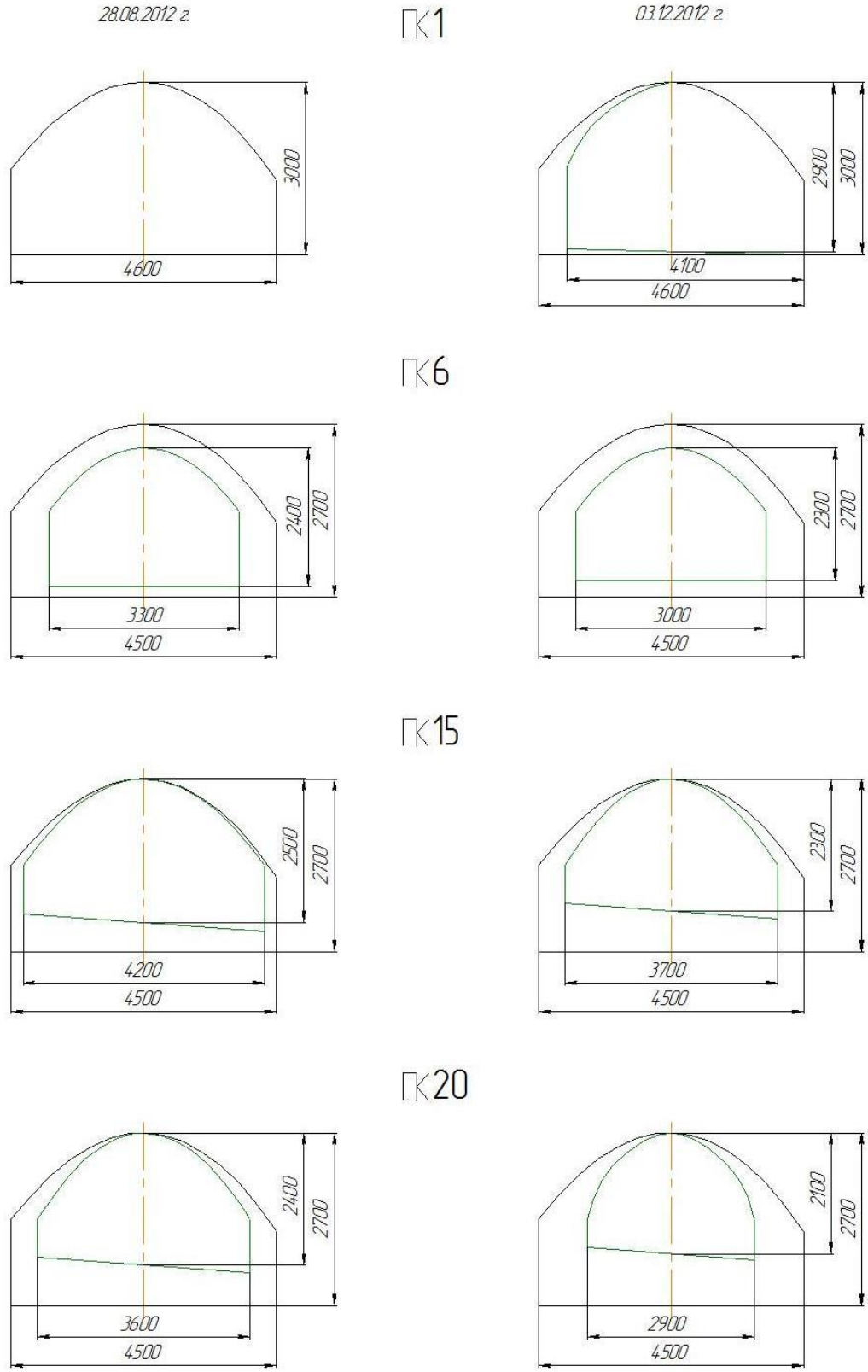


Рисунок 2.4. Прояв процесу здимання в 1-му північному конвейерному штреку 1 північної лави пл. l_6 гор. 885 м. шахти «імені Д.Ф. Мельникова» (за даними маркшейдерської служби)

2.3. Безпосередній об'єкт досліджень

Безпосереднім об'єктом досліджень є 12 північний вентиляційний штрек пл. ℓ_6 гор. 820м (призначений для вихідного струменя повітря з очисного забою, доставки матеріалів і людей в лаву), що проводиться бригадою прохідників ділянки ГКР за допомогою комбайна EBZ-160 (120м). Кріпиться металевим арочним кріпленням АП-3/9,2, крок установки кріплення - 0,8 м. Матеріал затяжки - дерево. Прокладено рейковий шлях, колія 900мм.

Після перетину лавою центрального вентиляційного квершлага $k_8 - \ell_6$ гор. 820 м. 12 північний вентиляційний штрек пл. ℓ_6 гор. 820 м проводиться бригадою прохідників ділянки №4 слідом за рухом очисного забою за допомогою відбійних молотків МО-2. Кріпиться металевим арочним кріпленням АП-3/11,2, крок встановлення кріплення - 0,5 м. Затягування - дерево. Прокладено рейковий шлях, колія 900 мм.

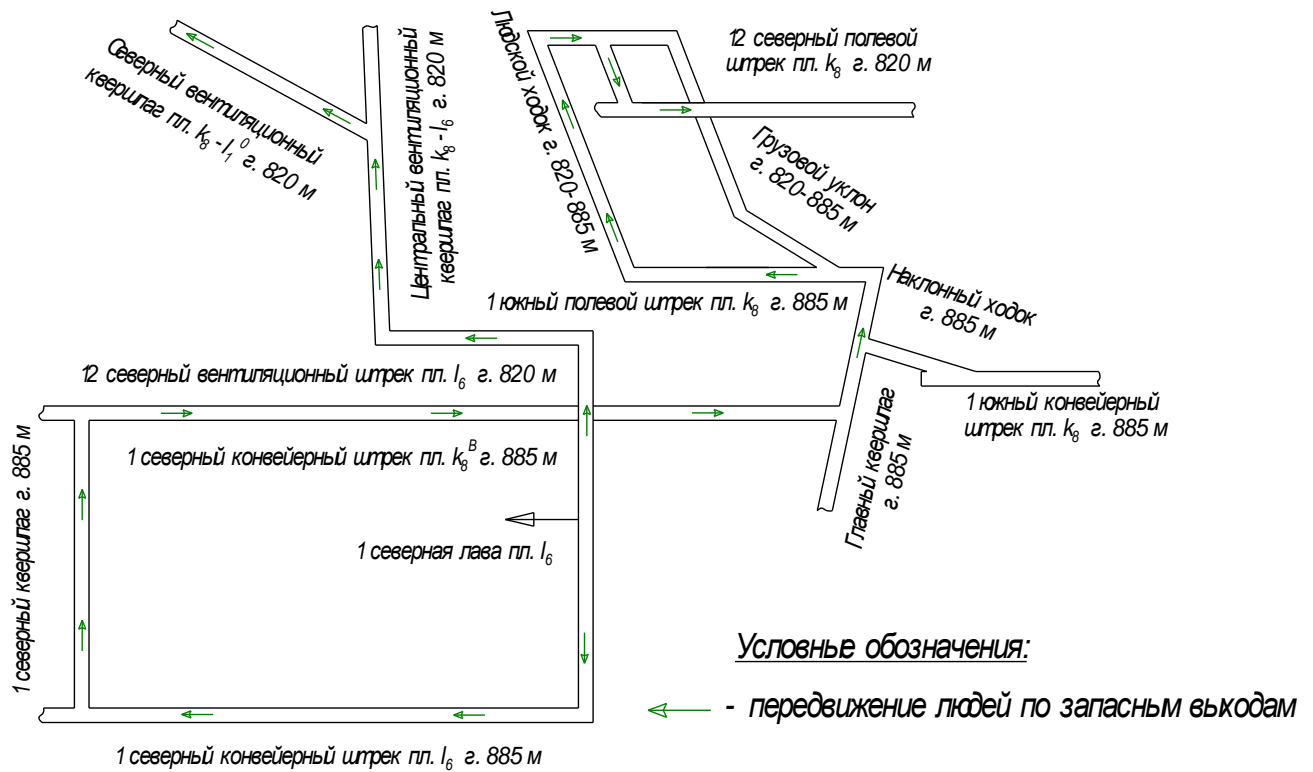


Рисунок 2.5. Схема розташування 12 північного вентиляційного штреху пл. ℓ_6

2.3.1. Гірничо-геологічний прогноз 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 .

Для гірничо-геологічного прогнозу використані дані документації 81-ої північної лави пл. ℓ_6 , 111-ї, 112-ї південних лав пл. ℓ_6 , 12-го північного конвеєрного штрека пл. ℓ_6 гор. 820м, розвідувальних свердловин А-2109, А-2436, А-1288, А-2437, А- 2458, А-2097, А-2449, А-2086, А-2426, А-2085.

Виробка буде проходитися по пласту ℓ_6 с з підриванням порід підоскви і покрівлі. Вугільний пласт простого будови, відносно витриманий по потужності.

Тектонічних порушень не очікується, однак при проведенні виробки в навколишньому масиві можуть бути зустрінуті поодинокі тріщини з можливими вивалами порід покрівлі навколо них до 0,5-1.0 м і більш.

Можливо виділення води у вигляді капіжа і безперервних струменів з пісковика ℓ_6SL_7 залягає в покрівлі пласта. Очікуваний приток 1-2 м³/год. Можливо надходження води до 0.5 - 1.5 м³/год з пісковика L_6Sl_6 залягає безпосередньо в підосшві пласта ℓ_6 .

Зі зміною літологічних типів порід безпосередньої підоскви буде змінюватися їх міцність, що в значній мірі може позначитись на темпах проведення виробки.

Очікувана температура порід 30.2-30.4 °.

Середній вміст вільної SiO₂ в основних літотипів порід: пісковики-55%, алевроліти – 24,5 %, аргіліти – 7,4 %, вугілля – 1 %; середній вміст SiO₂ по штреку-18,6 %.

Проведення виробки буде проводитися в складних гірничо-геологічних умовах в зв'язку зі слабкою міцністю вміщаючих порід і наявністю обводнених пісковиків в покрівлі та підосшві пласта.

Загальна літологічна колонка до табл. 2.2 наведено в додатку А.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

№ п/п	Опис порід	Потужність	Бст, кг/см ²	Броз, кг/см ²	Кат. Бурим
1.	Вапняк L ₇ - сірий, з зеленуватим відтінком на піщаному цементі, тріщинуватий, злам нерівний, контакт різкий, сухий, міцний $f = 8$	1,70 – 2,20	580	310	XIV
2.	Алевроліт - світло-сірий, слюдистий, тонкозернистий, з перешаруванням пісковика, з переривчастою шаруватістю, з відбитками детриту по нашаруванню, сухий, середньої міцності $f = 5$	0,0 – 1,8	290	Розш 20	XI
3.	Пісковик - сірий, слюдистий, тонкозернистий, з прошарками алевролітів, з переривчасто-хвилястою шаруватістю, тріщинуватий від 0,10 м до 0,40 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$, від слабовологого обводненого з притоком води до 2 м ³ /год. Міцний $f = 6$ Основна покрівля, А ₂ (А ₃)	6,70 – 4,5	300	350	XII
4.	Алевроліт - сірий, слюдистий, тонкозернистий, щільний, шаруватий, тріщинуватий від 0,10 м до 0,30 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$, сухий, середньої міцності $f = 5$. Основна покрівля, А ₂	0,0-1,20	280	25 розш.	X
5.	Аргіліт - темно-сірий, злегка слюдистий, з включенням сидеритом-глинястих конкрецій у вигляді лінз, з дзеркалами ковзання по нашарування, з постійною «помилковою» покрівлею до 0,25 - 0,40 м, тріщинуватий від 0,10 м до 0,40 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$, контакт з пластом чіткий, з алевролітом поступовий, сухий, середньої міцності $f = 4$, нестійкий Б ₂ (Б ₂), середньо обвалюється А ₂ (А ₁), на частині площі безпосередня і основна покрівля.	7,0 - 0,0	200	Розш.	X

№ п/п	Опис порід	Потуж- ність	Бст, кг/см ²	Броз, кг/см ²	Кат. Бурим
5.	Аргіліт - темно-сірий, злегка слюдистий, з включенням сидеритом-глинястих конкрецій у вигляді лінз, з дзеркалами ковзання по нашарування, з постійною «помилковою» покрівлею до 0,25 - 0,40 м, тріщинуватий від 0,10 м до 0,40 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$, контакт з пластом чіткий, з алевролітом поступовий, сухий, середньої міцності $f = 4$, нестійкий Б ₂ (Б ₂), середньо обвалюється А ₂ (А ₁), на частині площі безпосередня і основна покрівля.	7,0 - 0,0	200	Розш	X
6.	Алевроліт - світло-сірий, тонкозернистий, з відбитками детриту по нашаруванню, з дзеркалами ковзання, з постійною «помилковою» покрівлею до 0,25 - 0,40 м, контакт з вугіллям чіткий, з аргілітів поступовий, сухий, середньої міцності $f = 4$, малостійкі Б ₃ (Б ₁), середньо обвалюється А ₂ (А ₁), на частині площі безпосередня і основна покрівля.	0,0 - 1,10	260	Розш. 20	X
7.	Вугільний пласт ℓ_6 Вугілля чорне, блискуче, крихке, тонкошарувате, тріщинувате з Аз пад. $100^\circ < 10^\circ$, з нальотом фюзена, з включенням міцних конкрецій колчедану, злам нерівний, контакт з бічними породами чіткий, легковідокремлюючий, сухий, середньої міцності	0,78 - 1,0	110	18	VI
8.	Аргіліт - рихлий, перем'ятих, грудкуватої текстури, під пластом «кучерявчик», схильний до інтенсивного здимання при обводнюванні, контакт з пластом чіткий з алевролітом поступовий, сухий, неміцний, нестійкий П ₁	0,0 - 1,50	190	Розш.	IX
9	Пісковик - сірий, дрібнозернистий під пластом перем'ятий, з відбитками стигмарії, «кучерявчик», нижче з переривчасто-хвилястою шаруватістю, тріщинуватий від 0,10 до 0,40 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$. обводнених до 5,0 м ³ /год, міцний $f = 6$,	6,9 - 0,0	380	39	XII

№ п/п	Опис порід	Потужність	Бст, кг/см ²	Броз, кг/см ²	Кат. Бурим
10.	Алевроліт - сірий, тонкозернистий, з перешаруванням пісковика, з відбитками флори, у верхній частині «кучерявчик». нижче шаруватий, тріщинуватий з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$, сухий, середньої міцності $f = 5$, Середньостійкий П ₂	6,0-12,0	310	28	XI
11.	Пісковик - сірий, дрібнозернистий, шаруватий, тріщинуватий від 0,10 м до 0,40 м з Аз пад. $140^\circ < 80^\circ$. Від слабовологого до обводненого до 1.0 – 2.5 м ³ /Год. міцний $f = 6$	7.0-2.0	380	40	XII
12.	Алевроліт - сірий, слюдистий, тонкозернистий, в нижній частині близький до аргіліту, злам нерівний, сухий, середньої	0,0 - 6,0	300	30	XI
13.	Аргіліт, сірий, злегка слюдистий, з нальотом піриту, з включенням сідеріто-глинястих конкрецій, сухий, середньої міцності $f = 4$	6,0-1.80	200	Розш.	XI
14.	Вапняк L ₆ - сірий, прихованокристалічний, з включенням кальцітізованої фауни, злам нерівний, сухий, міцний $f = 8$	0,40 - 3,0	570	58	XIV

2.3.2 Охорона і підтримання 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 .

До переходу лавою центрального вентиляційного квершлягу $k_8-\ell_6$ горизонту 820м, підтримання 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 планується здійснювати встановлення кріплення посилення з круглого лісу $\varnothing 16 - 18$ см на відстані не менше 20 м від лінії очисного забою. Крок встановлення кріплення посилення - 0,8 м.

Після переходу лавою квершлягу, згідно рекомендацій ДП «ДонВУГІ» з управління покрівлею і кріплення в зоні впливу очисних робіт лави, охорону примикаючого до лави 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 гор. 820м здійснювати викладкою у верхній частині лави чуракову перемички на глині. Нижче перемички викладати бутову смугу шириною не менше 3 м, а на межі з

виробленим простором пробивати дерев'яну органку в 2 ряди з несучою здатністю на рівні несучої здатності останнього ряду кріплення в лаві.

Охорону сполучення 1 північної лави пл. ℓ_6 з 12 північним вентиляційним штреком пл. ℓ_6 гір. 820м виробляти в зоні впливу очисних робіт установкою під рами кріплення штреку через 1м по його довжині складових металевих стоек з відрізків спецпрофіля СВП-27 або дерев'яних ремонтин із елементами піддатливості.

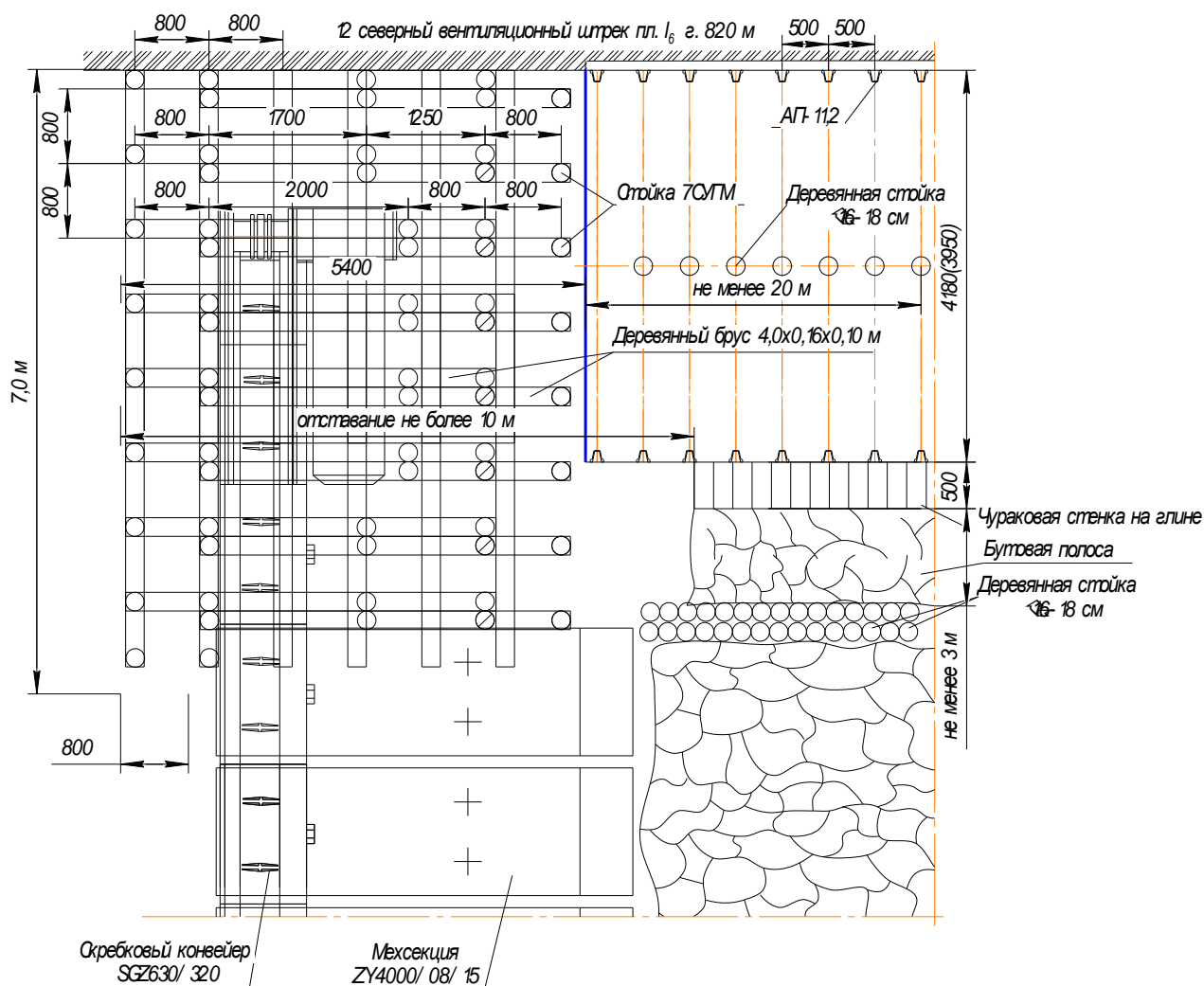


Рисунок 2.6. Паспорт зведення бутової смуги 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6

2.4. Опис проблемної ситуації

Для того, щоб оцінити ситуацію, необхідно звернутися до плану гірських робіт (див. рис. 2.7).

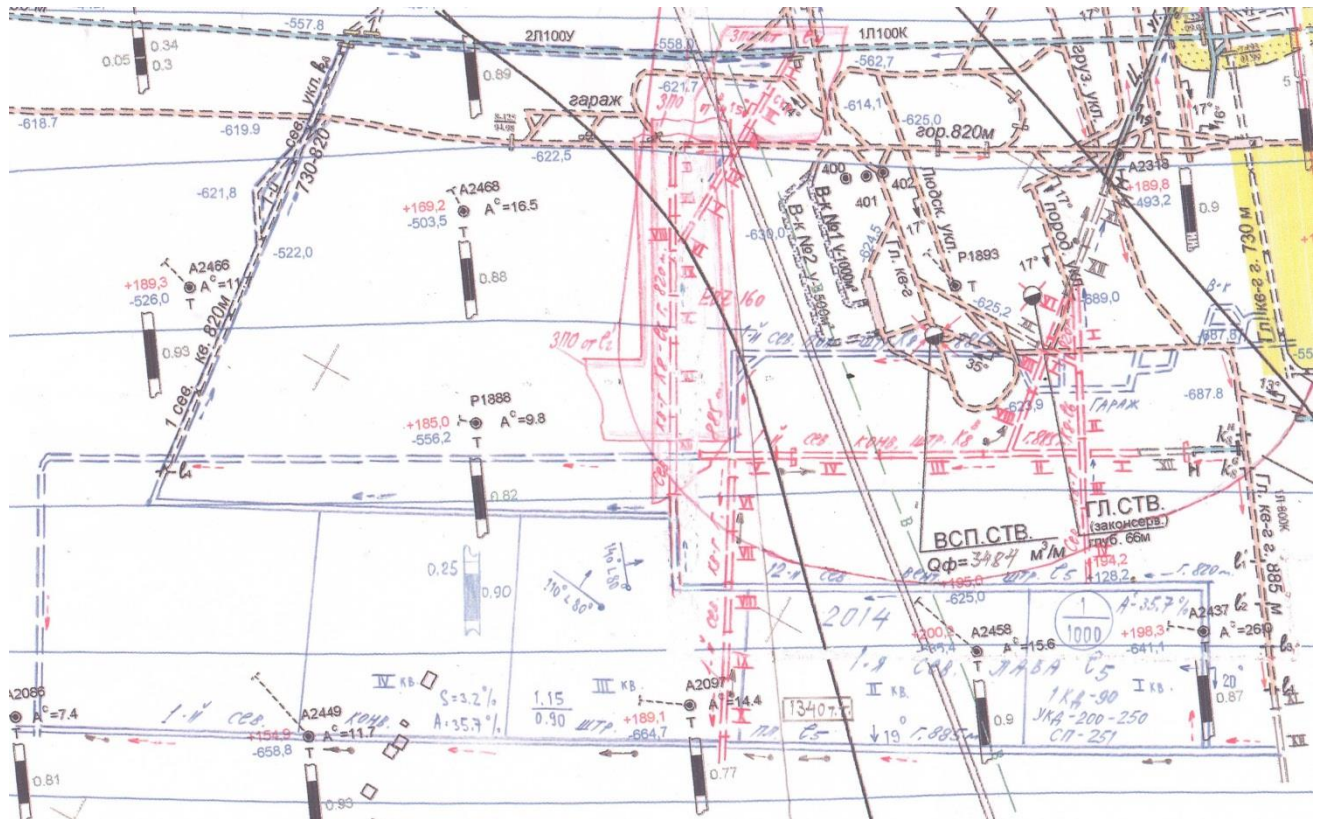


Рис. 2.7 Викопювання з плану гірських робіт

З плану гірських робіт бачимо, що 12 східний вентиляційний штрек на своєму шляху має три сполучення: з центральним вентиляційним квершлагом, північним вентиляційним квершлагом $k_8 - \ell_6$ гор. 820 м., а також 1-м північним квершлагом гор. 820 м.

Причому, після перетинання лавою нового з вище означених квершлагів відрізок 12 північного вентиляційного штреку позаду лави разом з попереднім вентиляційним квершлагом планується погашати з метою зменшення плеча провітрювання.

Вентиляція відбувається шляхом надходження свіжого струменя повітря з головного квершлягу гор. 885 м. Далі по 1 північному конвеєрному штреку пл. ℓ_6 і в 1 північну лаву. Вихідний струмінь йде по 12 північному вентиляційному штреку пл. ℓ_6 і далі по одному з вентиляційних квершлягів в залежності від положення лави відносно них.

Слід зазначити, що проходження даних квершлягів таких довжин і подальше їх погашення значно збільшують витрати на будівництво гірничих виробок. Для зменшення видатків на підготовчі роботи та, як наслідок, зменшення собівартості вугілля, що видобувається з лави, висувається наступна ідея застосування ефективного способу підтримання вентиляційного штреку, яка передбачає наступні кроки:

1. Відмову від проведення другого квершлягу до 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6
2. Відмову від погашення 12 північного вентиляційного штрека пл. ℓ_6
3. Збільшення терміну експлуатації 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 , шляхом застосування нового паспорта кріплення.

ВИСНОВКИ

1. Шахта ім. Д.Ф. Мельникова має перспективу видобутку вугілля на 20 років.
2. Вміщуючі породи виробок горизонту 820 - 885 метрів відносяться до слабких за міцністю, всі типи проведених виробок будуть характеризуватися нестійким станом.
3. Умови проведення виробок 1 північної лави пл. ℓ_6 є важкими.
4. Основні види проявів гірського тиску є:
 - здимання порід підшви з спотворення профілю рейкового шляху;
 - вивали порід покрівлі;
 - здавлювання боків виробки;
 - великі деформації на згинання металевого кріплення;
 - роздавлювання природної форми «жолоба» профілю СВП.

5. Схема розташування виробок прилеглих до 12 північному вентиляційному штреку пл. l_6 , тягне за собою великі витрати по проведенню і підтримці, в зв'язку з нестійкими навколишніми породами.

6. Для зменшення видатків на підготовчі роботи та, як наслідок, зменшення собівартості вугілля, що видобувається з лави, висувається ідея застосування ефективного способу підтримання вентиляційного штреку.

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИКИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ОЧИСТНА ВИРОБКА- ШТРЕК-ПОРОДНИЙ МАСИВ»

3.1. Обґрунтування методів та програмного забезпечення для виконання чисельного дослідження

Сучасна інженерна практика заснована на моделюванні явищ і процесів, що зустрічаються в самих різних сферах діяльності людини. Моделювання як метод дослідження має на меті відтворення на моделі процесу, на кшталт того, який відбувається в реальних умовах.

Зібрані в результаті натурних досліджень дані є основою для проведення лабораторних випробувань на фізично реалізованих моделях, наприклад, за допомогою оптичних приладів моделювання, моделювання на еквівалентних матеріалах, відцентрового моделювання та т.інш. [32].

На основі фізичної моделі створюється математична модель. Один і той же об'єкт, якій може бути описаний за допомогою пружної та пружно-пластичної, дискретної та безперервної, детермінованої та стохастичної, а також інших моделей. Різноманітність моделей одного й того ж об'єкту дозволяє розглянути його з різних точок зору, виокремлюючи та підкреслюючи цікаві параметри, що досліджують. Такий підхід дозволяє отримати досить глибокі та усебічні дані про об'єкт і збільшити їх достовірність.

Для побудови математичних моделей можуть бути використані різні методи, які мають різні можливості, точність, трудомісткість, гнучкість, зручність. Зі всієї сукупності найбільш зручнішим й останнім часом найбільш активно використовуваними є чисельні методи моделювання геомеханічних процесів.

Чисельне моделювання ґрунтується на чисельному рішенні інтегральних та диференціальних рівнянь за допомогою обчислювального обладнання. При

математичному моделюванні неоднорідне середовище розбивається на частини, розмір яких чим менше, тим вище точність апроксимації. Ці частини називають клітинками, а сукупність їх меж - сіткою. Для потрібної безперервної функції використовують дискретне уявлення, і в кінцевому підсумку завдання зводиться до вирішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь великого порядку.

Найчастіше для дослідження породного масиву використовують методи кінцевих (МКЕ) і граничних (МГЕ) елементів. В даний час чисельний метод дискретних елементів (МДЕ), що розвивається, не отримав наразі широкого розповсюдження в практиці дослідження геомеханічних процесів і явищ з огляду на недостатню його адаптацію до завдань цього класу.

Метод дискретних елементів (МДЕ) - метод видимих (відмітних) елементів), ґрунтується на двох фундаментальних законах фізики - другому законі Ньютона та законі пружних деформацій Гука.

Сферою застосування МДЕ є ґрунти, основи та фундаменти; породні масиви, що мають складну структуру; механічні системи зі зв'язками, що звільняються; нелінійні динамічні процеси, для яких він найбільш ефективний; хіміко-фізичні процеси (наприклад, рух колоїдної рідини); процеси збагачення корисних копалин методом флотації в важких середовищах і багато іншого.

Сутність МДЕ стосовно до моделювання складноструктурних породних масивів, що містять штучні порожнини (виробки), полягає в наступному. Реальний породний масив в моделі змінюється дискретними елементами, які, в принципі, можуть мати будь-яку форму, і краще, якщо вона буде близька до контурів елементів структури масиву. Однак, за низкою факторів, найважливішим з яких є простота створення математичної моделі дискретного середовища, елементи її найпростіше представити у вигляді куль, які в загальному випадку мають різний діаметр (рис. 3.1).

Як видно з рисунку (3.1), модель суцільного або сипучого (дискретного) середовища, як правило, являє собою кінцеве число попарно паралельних площин, які, перетинаючись, відокремлюють деякий замкнений простір, в якому розташовані кулі - дискретні елементи. Кулі взаємодіють між собою та з

обмежуючими площинами за допомогою сил тертя і дисипативних сил, а також, за допомогою недосконалих вивільнюваних зв'язків, які протидіють їх взаємопроникненню. Якщо інших зв'язків немає, то кулі імітують сипучу середовище. Кулі можуть бути «пов'язані» між собою стінками. За допомогою таких не ідеально огорожених зв'язків, які не тільки перешкоджають їх взаємопроникненню, але також розбіганню і обертанню. У цьому випадку розглянута механічна система імітує суцільного масив.

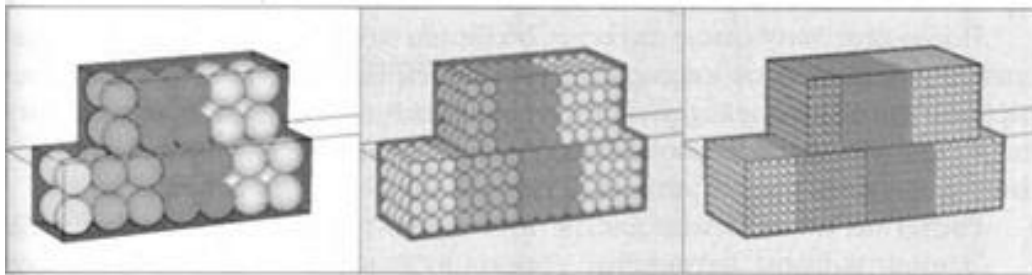


Рисунок 3.1. Геометрична модель породного середовища при різних розмірах дискретних елементів

Як тільки реакції в огорожених зв'язках перевищують деяку межу, вони ліквідуються як зруйновані й тоді вже система куль й площин імітує зруйнований масив, який складається з непов'язаних між собою часток і, можливо, сипучого матеріалу між ними. У самому ж загальному випадку модель, що складається з куль й обмежуючих поверхонь, може імітувати суцільний породний масив, що містить зруйновані ділянки.

Суттєвою особливістю даного методу, по відношенню до викладених вище методів кінцевих і граничних елементів, які можна застосувати тільки в разі моделювання суцільних середовищ, є можливість опису нелінійних динамічних процесів, що виникають у деформуючим породнім масиві, що містить порожнини та ділянки зруйнованих гірських порід.

Метод кінцевих елементів - чисельний метод розв'язання диференційних рівнянь з частними похідними, а також інтегральних рівнянь, що виникають при вирішенні завдань прикладної фізики. Метод широко використовується для

вирішення завдань геомеханіки на кафедрі будівництва, геотехніки та геомеханіки.

Суть методу випливає з його назви. Область, у якій відшукується розв'язання диференційних рівнянь, розбивається на кінцеву кількість елементів. У кожному з елементів довільно обирається вид апроксимуючої функції. У найпростішому випадку це поліном першого ступеня. Поза свого елемента апроксимуюча функція дорівнює нулю. Значення функцій на межах елементів (у вузлах) є рішення завдання та заздалегідь невідомі. Коефіцієнти апроксимуючих функцій зазвичай визначаються з умови рівності значення сусідніх функцій на межах між елементами (у вузлах). Потім ці коефіцієнти виражаються через значення функцій у вузлах елементів. Складається система лінійних алгебраїчних рівнянь. Кількість рівнянь дорівнює кількості невідомих значень у вузлах, на яких шукається рішення вихідної системи, прямо пропорційно кількості елементів і обмежується тільки можливостями ЕОМ. Так як кожен з елементів пов'язаний з обмеженою кількістю сусідніх, система лінійних алгебраїчних рівнянь має розрішений вид, що суттєво спрощує її рішення. З точки зору обчислювальної математики, ідея методу кінцевих елементів полягає в тому, що мінімізація функціоналу варіаційної задачі здійснюється на сукупності функцій, кожна з яких визначена на своїй підобласті [33].

Для вирішення завдань геомеханіки також широко використовувався ще один чисельний метод - метод граничних елементів (МГЕ) [33, 34], який також називають методом потенціалу або методом граничних інтегральних рівнянь. МГЕ являє собою метод вирішення крайової задачі, в якому завдяки використанню формул Гріна, вона зводиться до інтегрального рівняння на межі розрахункової області (найчастіше до інтегрального рівняння Фредгольма другого роду) [34]. В основному з успіхом застосовується при вирішенні задач в пружною постановці.

Завдяки своїм перевагам, таким, як можливість апроксимації елементами складної геометрії моделі, дво- і тривимірні реалізації розрахункових програм, «натуралістичність» розбиття розрахункової області на елементи, зручна для

розуміння людською свідомістю, можливість розрахунку задач з фізичними та геометричними нелінійностями та ін. Найбільше розповсюдження для вирішення завдань геомеханіки в даний час отримав метод кінцевих елементів.

Породна середовище саме по собі, в силу своєї природи і генезису, є надзвичайно складним для вивчення і опису об'єктом, тому для створення і вдосконалення адекватних моделей важливо мати правильні уявлення про те, що ж відбувається в околиці підземного об'єкта, тобто побудова адекватних моделей можливо тільки при детальному вивченні найбільш впливових на стан об'єкта процесів, що відбуваються в містить його породному масиві.

На сьогоднішній день існує декілька програмних продуктів, які дають змогу виконувати розрахунки різних за призначенням конструкцій (Solid Works [36], ПК «Ліра» [36] та ін.). Однак більшість цих програм призначено для розрахунків в машинобудуванні (Solid Works) або звичайних будівельних конструкцій (ПК «Ліра») і не адаптовані до особливостей розрахунку гірського тиску і підземних конструкцій кріплень. Тут виокремимо програму канадських розробників - розрахунковий комплекс RS 2 [36]. Розглянемо особливості використання програмного продукту RS 2.

RS2 (див. Рис. 3.2) є потужною програмою, заснованої на методі кінцевих елементів, яка підходить для вирішення завдань в породнім середовищі в 2D-постановці. RS2 може бути використана для широкого кола інженерно-технічних завдань, що включають в себе розробку профілю вироблення, розрахунок стійкості укосів, припливу підземних вод, імовірнісний аналіз і розрахунок на динамічне навантаження.

Складні багаторівневі моделі можуть бути з легкістю створені і швидко проаналізовані - тунелі в слабких або тріщинуватих породах, підземні силові станції, кар'єри і укоси, насипи, і т.д. Можуть бути вирішені такі завдання як поступове руйнування кріплення, взаємодія кріплень, взаємодія гірничих виробок і багато інших.

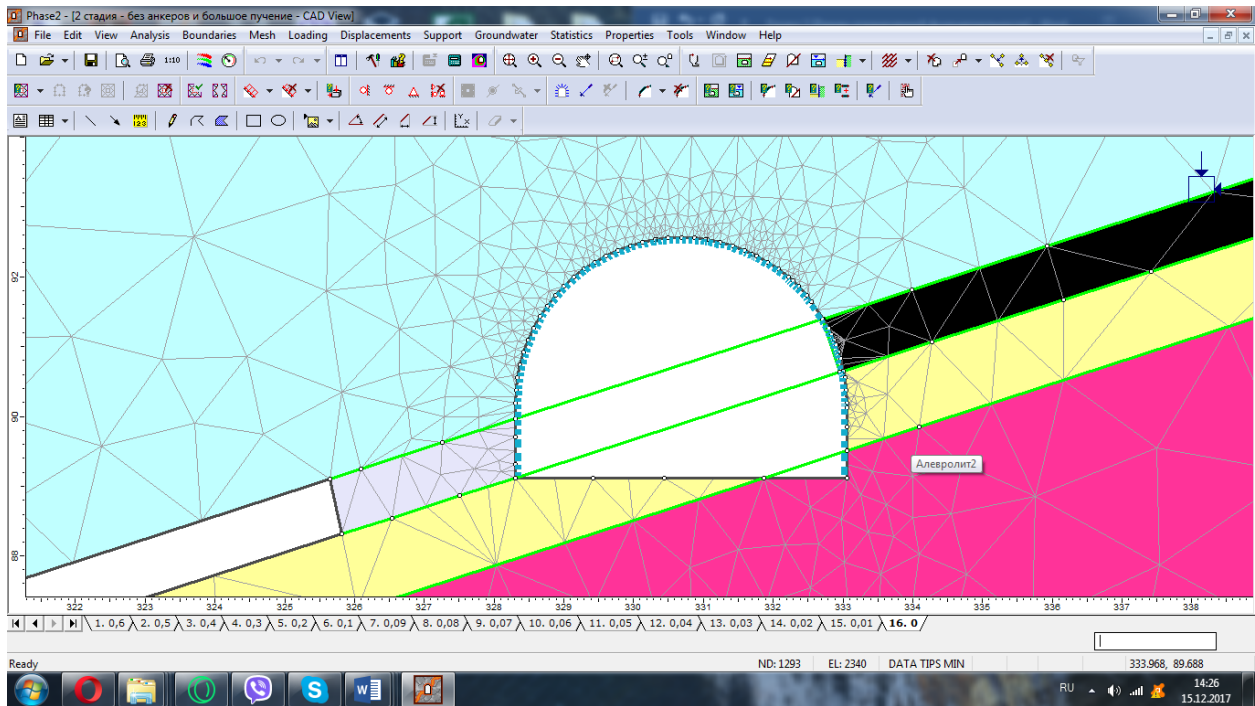


Рисунок 3.2. Вікно програми RS2

RS2 пропонує широкий спектр варіантів моделювання кріплень. Лінійні елементи можуть бути застосовані при моделюванні кріплення з торкретбетону, бетонного монолітного кріплення, сталевих кріплень, підпирних стін, паль, багатшарових композитних кріплень, геотекстилю та багатьох інших. Засоби проектування кріплення включають в себе розрахунки несучої здатності кріплення. Крім лінійних типів кріплення, програма дозволяє моделювати анкерні системи. Типи модельованих анкерів включають: сталеві анкери з точковим закріпленням, сталеві анкери з закріпленням по всій довжині, канатні анкери, з урахуванням одиничних опорних елементів і групових підхватів, комбіновані анкери.

Однією з головних особливостей RS2 є аналіз стійкості виробки методом кінцевих елементів з використанням метода розрахунку на межу міцності породи на зсув. Ця опція повністю автоматизована і може бути використана як з умовою міцності Мора-Кулона, так і Хоека-Брауна.

RS2 включає в себе аналіз методом кінцевих елементів стаціонарного водотоку, який вбудований прямо в програму. Немає необхідності використовувати окрему програму для розрахунку водопритоку. Розрахунковий

модуль дозволяє визначати поровий тиск, тиск потоку і градієнт на основі заданих користувачем граничних умов. Результати розрахунку порового тиску автоматично включаються в розрахунок напружень.

Моделі матеріалів, що використовуються для задач про напружено-деформований стан гірських порід і ґрунту, включають моделі Мора-Кулона, узагальнені моделі Хоека-Брауна і Кама-Клея. Нові потужні можливості аналізу для моделювання нестійких порід дають змогу автоматично генерувати окремі, спільні тріщини або мережі тріщин у відповідності з різними статистичними моделями [37].

3.2. Обґрунтування розрахункової схеми чисельної моделі «очисна виробка-штрек-породний масив»

Для моделювання геомеханічних процесів, що протікають в околиці виробок на різних стадіях ведення гірських робіт, а також для оцінки ефективності різних засобів і заходів щодо забезпечення їх стійкості, використовується програмний комплекс "RS2" канадської лабораторії геомеханіки Rocscience.

Програма базується на використанні методу кінчених елементів (МКЕ). Можливості програми дають змогу враховувати в розрахунку пружньопластичні властивості вміщаючих порід, що окрім іншого, дозволяє моделювати постадійне розкриття виробок в непружнім середовищі, враховуючи на кожній наступній стадії в якості початкових ті деформації, які реалізовані на попередній стадії формування напружено-деформованого стану (НДС).

В основу чисельної моделі повинна бути покладена добре обґрунтована розрахункова схема, що представляє собою область, вирізану з нескінченного породного масиву, яка містить досліджувану виробку. Відкинута частина масиву замінюється розподіленням по контуру області навантаженням. Розміри області повинні бути такими, щоб, з одного боку, забезпечувати достатню деталізацію і прийнятний масштаб об'єкта, а з іншого боку - виключити крайові ефекти в

районі досліджуваної вироблення. Ділянка досліджуваної області, що містить виробку, і частина породного масиву в ближній її околиці назвемо значимою областю розрахункової схеми.

Відстань від центру виробки до умовної межі значимої області має становити від трьох до п'яти відносних радіусів або полупрольотів виробки, як по горизонталі, так і по вертикалі. Менше значення відповідає поодинокій виробці, розташованій в незайманому масиві, більшого значення - поодинокій виробці, що відчуває додаткові, наприклад, техногенний вплив. Відстань від межі значимої області до меж розрахункової схеми слід приймати рівним п'яти радіусів або полупрольотам досліджуваної виробки.

Матеріал кріплення та інших сталевих виробів, що застосовуються для моделювання елементів кріплення, обрані з сортаменту.

Геометричні параметри моделі: висота - 65 м, ширина - 154 м. Була задана лава довжиною - 66,4 м, для створення впливу гірського тиску вслід за рухом лави, а також було задано вентиляційний штрек зі стандартним кріпленням АПЗ-11,2 профіль СП27. Кут падіння пласта – 18 °.

Розрахункова схема досліджуваної області, представлено на рис. 3.3. Шари гірничих порід відповідають розташуванню відносно гірничої виробки згідно додатку А (Додаток А: стратиграфічна колонка гірничих порід). Фізико-механічні властивості порід наведені в табл. 3.1, 3.2. Початкове поле напруги утворюється вагою порід зверху і для заданої глибини становить: $\sigma_y = \lambda H = 20.5$ МПа. Тут $\lambda = 25$ кН / м³ - об'ємна вага порід, H - глибина розробки, яка прийнята рівною 820 м в місці, де передбачається місцезнаходження лави і досліджуваної виробки.

Граничні умови задаються в переміщеннях: жорстко закріплена нижня межа, тобто зафіксовані (дорівнюють нулю) горизонтальні і вертикальні переміщення. Бічні вертикальні границі закріплено в горизонтальному напрямку (горизонтальні переміщення дорівнюють нулю).

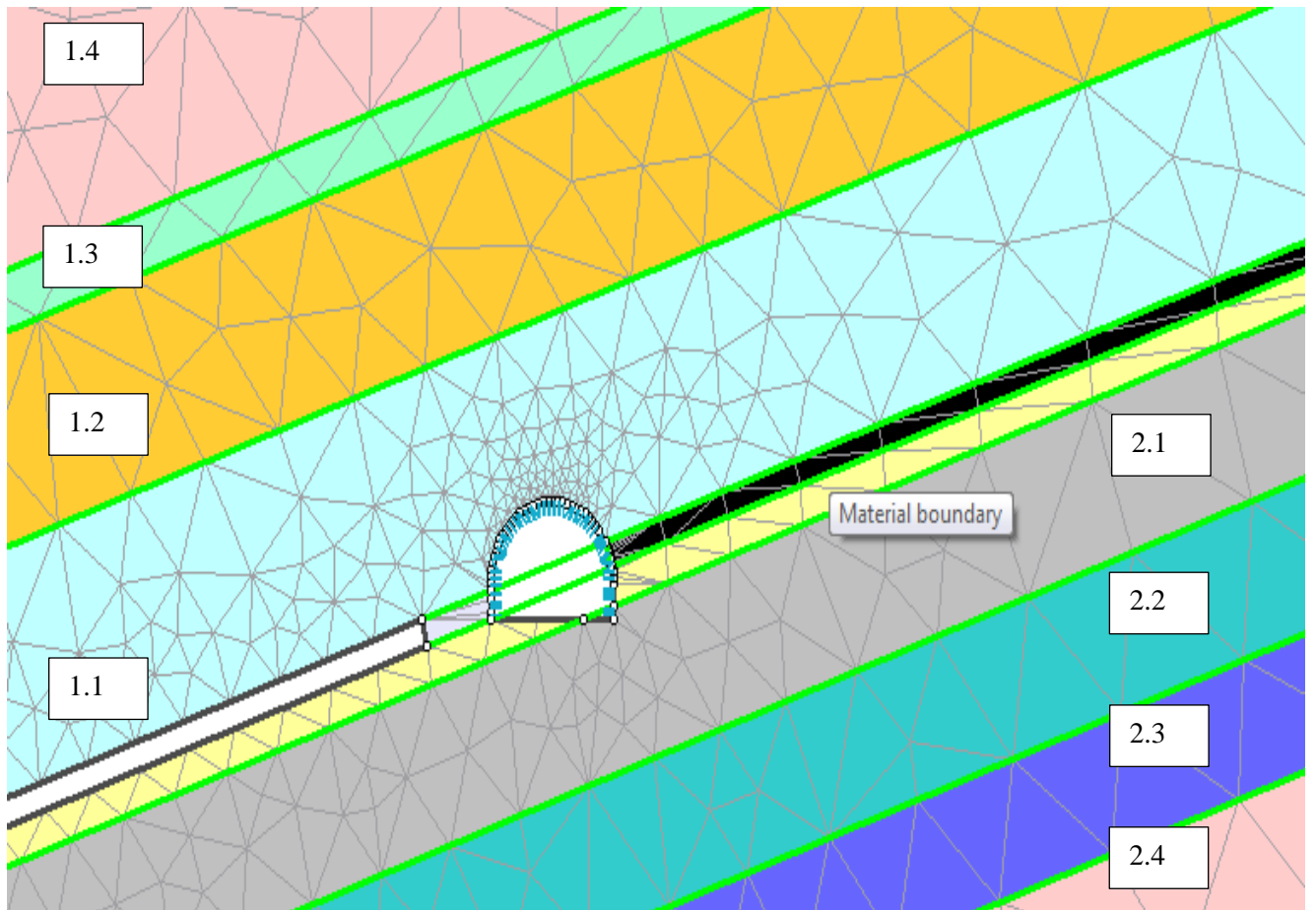








Рисунок 3.3. Модель гірського масиву в програмному комплексі "RS2"






Таблиця 3.1

Характеристика порід покрівлі в термінах програмного комплексу

Material	Бутова смуґа	Вугілля	Аргіліт (1.1)	Пісковик (1.2)	Вапняк (1.4)	Алевроліт (1.3)
Color						
Initial element loading	field stress only	field stress only	field stress only	field stress only	field stress only	field stress only
Elastic type	isotropic	isotropic	isotropic	isotropic	isotropic	isotropic
Young's modulus	355.3 MPa	1000 MPa	1480.4 MPa	2000 MPa	2500 MPa	1632.7 MPa
Poisson's ratio	0	0	0.15	0.3	0.3	0.3
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown
Material type	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
Потужність	0.9 м	0.9 м	7.4 м	6.3 м	16.3 м	1.8 м
Compressive strength	7.5 MPa	15 MPa	40 MPa	60 MPa	75 MPa	50 MPa
mb parameter	0.357829	0.602563	0.454933	9.13214	8.26625	2.86639
s parameter	6.33607e- 005	0.00277	0.000436	0.121103	0.411112	0.062177
a parameter	0.569846	0.50705	0.51595	0.500541	0.500149	0.500911
Residual mb parameter	0.357829	0.602563	0.454933	9.13214	8.26625	2.86639
Residual s parameter	6.33607e- 005	0.00277	0.000436	0.121103	0.411112	0.062177
Residual a parameter	0.569846	0.50705	0.51595	0.500541	0.500149	0.500911

Таблиця 3.2

Характеристика порід підшови в термінах програмного комплексу

Material	Пісковик (2.1)	Алевроліт (2.2)	Аргіліт (2.3)	Вапняк (2.4)	Вапняк (1.4)
Color					
Initial element loading	field stress only	field stress only	field stress only	field stress only	field stress only
Elastic type	isotropic	isotropic	isotropic	isotropic	isotropic
Young's modulus	2149.5 MPa	378.7 MPa	2000 MPa	2500 MPa	2500 MPa
Poisson's ratio	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown	Generalized Hoek-Brown
Material type	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
Мощность	1,2 м	5 м	4,5 м	4 м	18,7 м
Compressive strength	60 MPa	50 MPa	40 MPa	80 MPa	75 MPa
mb parameter	1.18779	0.355788	3.14292	4.55794	8.26625
s parameter	0.000585	0.0002686	0.235877	0.086774	0.411112
a parameter	0.518255	0.5358	0.500292	0.500707	0.500149
Residual mb parameter	1.18779	0.197	3.14292	4.55794	8.26625
Residual s parameter	0.000585	0.0000744	0.235877	0.086774	0.411112
Residual a parameter	0.518255	0.529237	0.500292	0.500707	0.500149

Для початку задаємо властивості матеріалів (табл. 3.1, 3.2), з яких будуть складатися гірські породи нашої моделі. Це можна провести за допомогою команди «Define material properties» у вкладці «Properties», рис. 3.4.

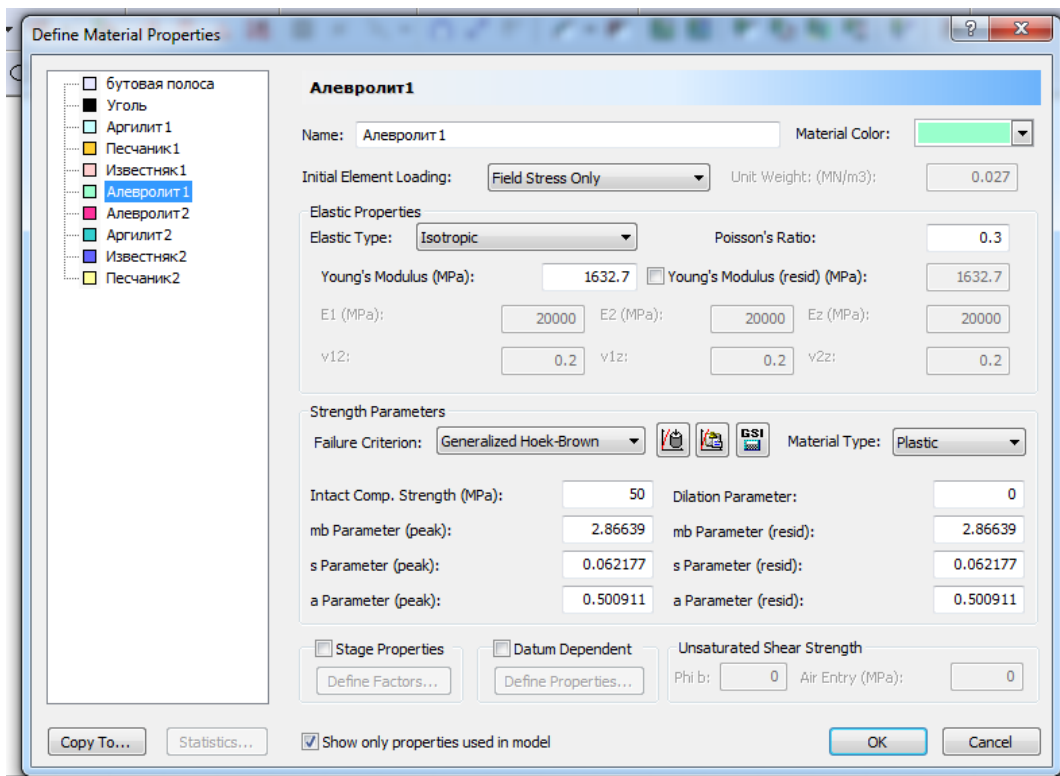


Рисунок 3.4. Інтерфейс визначення властивостей матеріалів

Задаємо такі параметри як, модуль пружності (Юнга), коефіцієнт Пуассона, міцність на стиск, для кожної з гірських порід у поданій моделі.

Далі поділимо область, на шари гірських порід, використовуючи дані стратиграфічної колонки за допомогою команди «Add material» рис. 3.5.

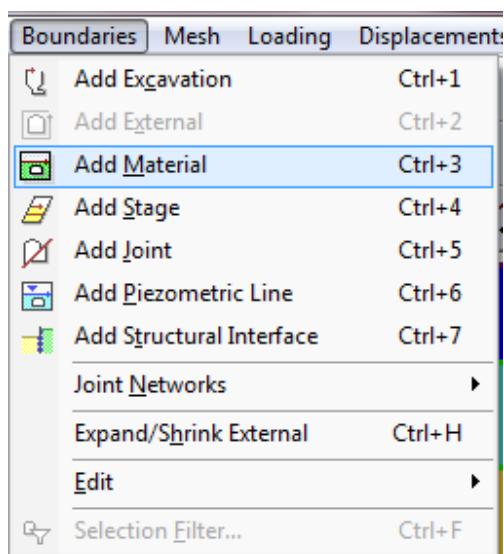


Рисунок 3.5. Діалогове меню для визначення шарів гірських порід у моделі

Наступним кроком є завдання властивостей порід представленим шарам, використовуючи команду «Assign properties», у вкладці «Properties» рис. 3.6.

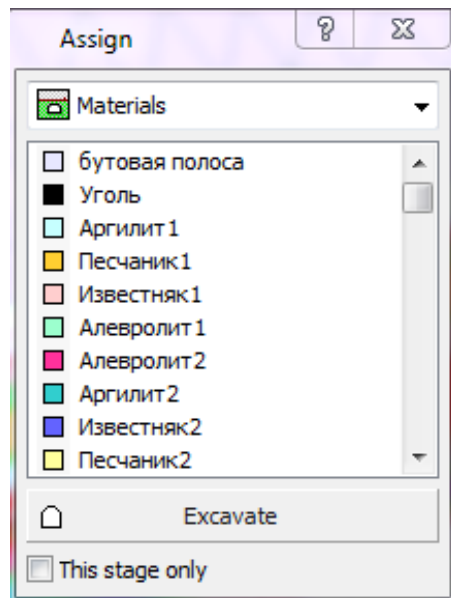


Рисунок 3.6. Перелік шарів гірських порід, що застосовані в моделі, в інтерфейсі відповідного модуля програми

Для того щоб встановити кріплення, необхідно для початку встановити геометричні параметри виробки за допомогою команди «Add excavation» у меню «Boundaries» рис. 3.7.

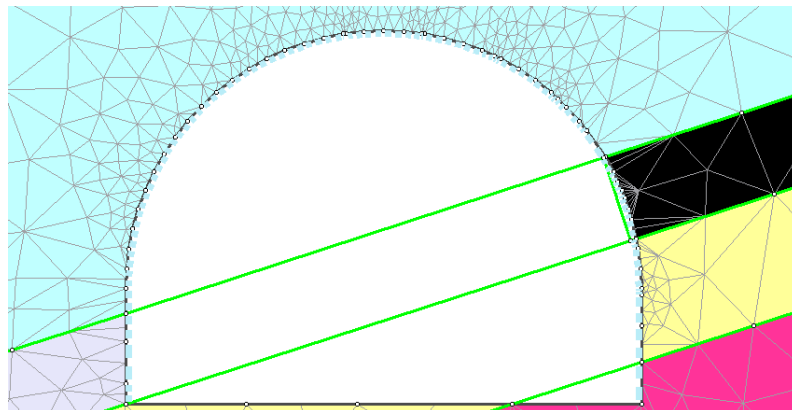


Рисунок 3.7. Процес завдання форми гірничої виробки у вікні програмного комплексу RS2

Після цього необхідно задати параметри кріплення за допомогою команди «Define liner properties» у меню «Properties», рис. 3.8.

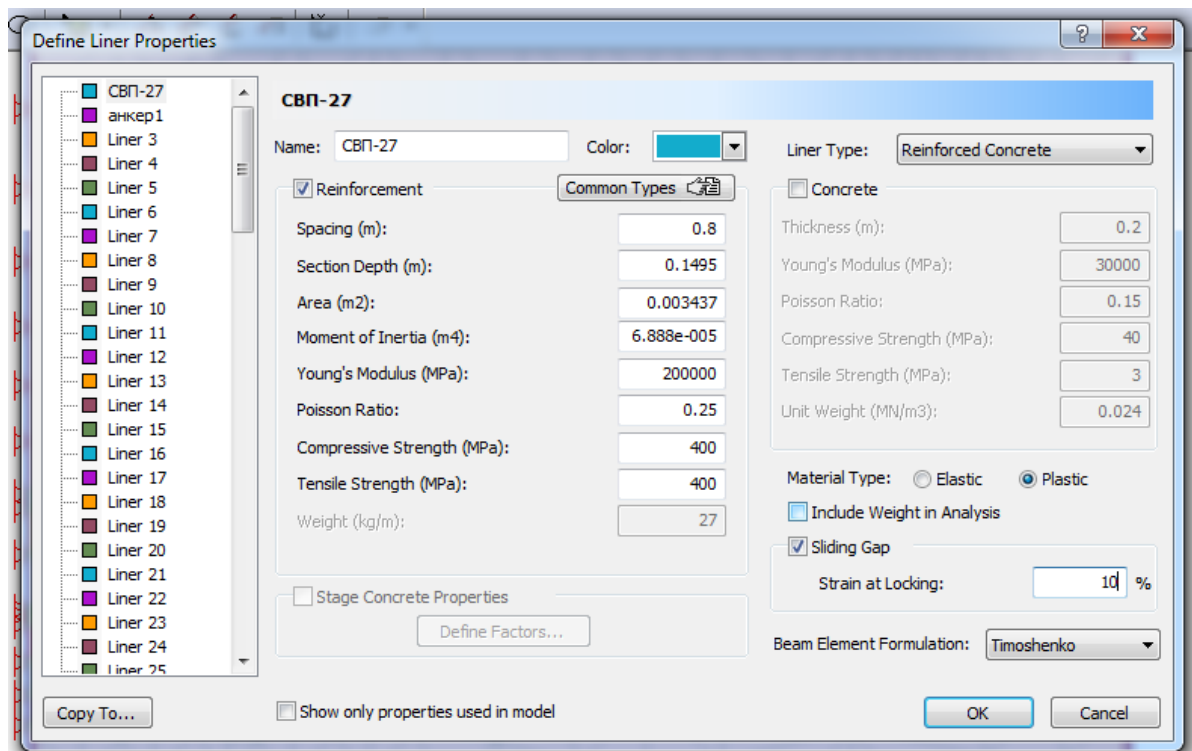


Рисунок 3.8. Визначення параметрів рамного кріплення

Відповідно до даних документації до розрахункової програми [16], елемент «кріплення» може мати деякий ступінь деформованості щодо свого початкового розміру. Така властивість елемента «кріплення» використано нами для моделювання податливості кріплення.

Далі необхідно виконати команду «Discretize mesh» для розбиття області на кінцеві елементи рис. 3.9.

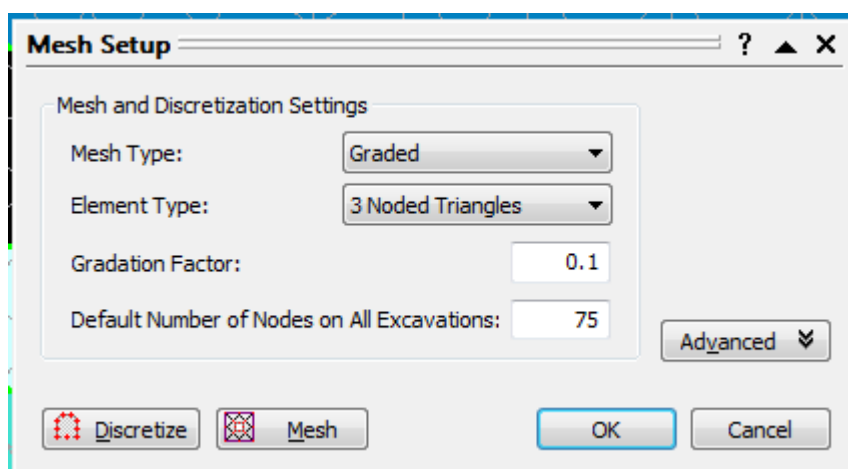


Рисунок 3.9. Завдання сітки з кінцевих елементів

У RS2 кріплення у моделі задається командою «Add liner» у меню «Support». У розглянутих умовах для додержання відповідності умов моделі до фактичного технологічного регламенту кріплення, слід встановлювати на 4 стадії розрахунку рис. 3.10.

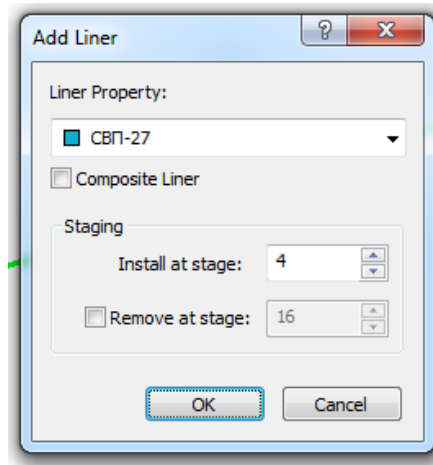


Рисунок 3.10. Інтерфейс додавання кріплення виробки

Після виконання всіх попередніх дій підготовка моделі завершена, і необхідно переходити до розрахунку. Для цього скористаємося модулем «Compute» у меню «Analysis», рис. 3.11.

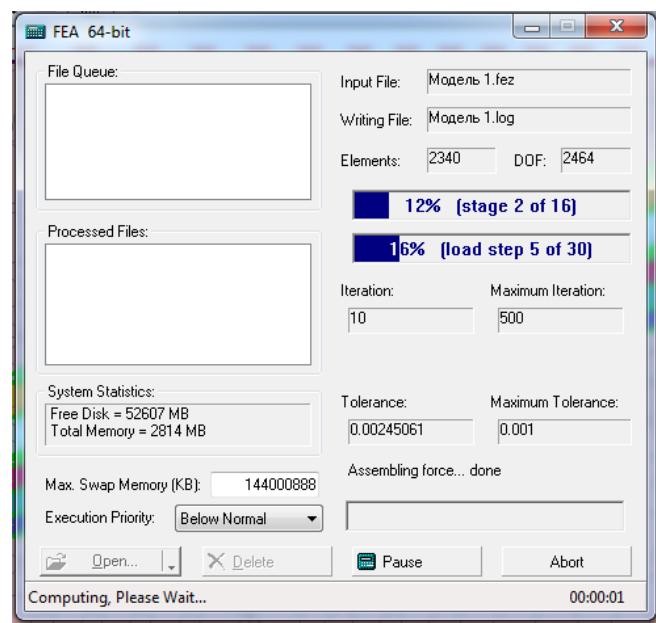


Рисунок 3.11. Інтерфейс розрахункового модулі в процесі розрахунків

Для перегляду результатів по завершенню розрахунку використовується модуль «Interpret» з меню «Analysis» який дозволяє в графічному вигляді представляти різні параметри напружено деформованого стану досліджуваного об'єкта.

Модель напружено-деформованого стану області масиву, включає 12 північний вентиляційний штрек пласта l_6 і власне очисну виробку 1 північної лави пл. l_6 здійснюється за допомогою декількох розрахункових стадій, які імітують проходження лави і подальше розкриття перерізу вентиляційного штреку по породі. На кожній наступній стадії моделювання враховуються ті деформації масиву, які вже реалізувалися на попередній стадії.

Послідовність розрахунків базової моделі:

- стадія 1 - моделювання незайманого породного масиву згідно даних інженерно-технічних служб шахти і працівників кафедри будівництва і геомеханіки;
- стадія 2 - імітація проходження механізованого комплексу лави, шляхом «зняття» напруги по заданому контуру виробки;
- стадія 3 - імітація розкриття перерізу вентиляційного штреку вслід за проходженням лави і включення в роботу кріплення і бутової смуги.

На рис. 3.12-3.14 показані розрахункові схеми до вирішення плоскої задачі про НДС породного масиву, в якому послідовно утворюються виробки.

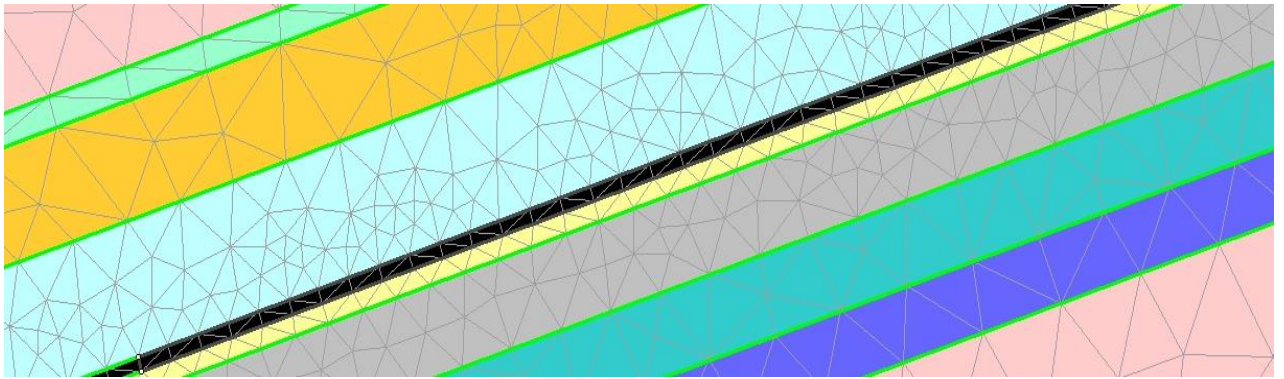


Рисунок 3.12. Розрахункова схема (стадія 1 - моделювання незайманого породного масиву відповідно до даних інженерно-технічних служб шахти і працівників кафедри будівництва і геомеханіки)

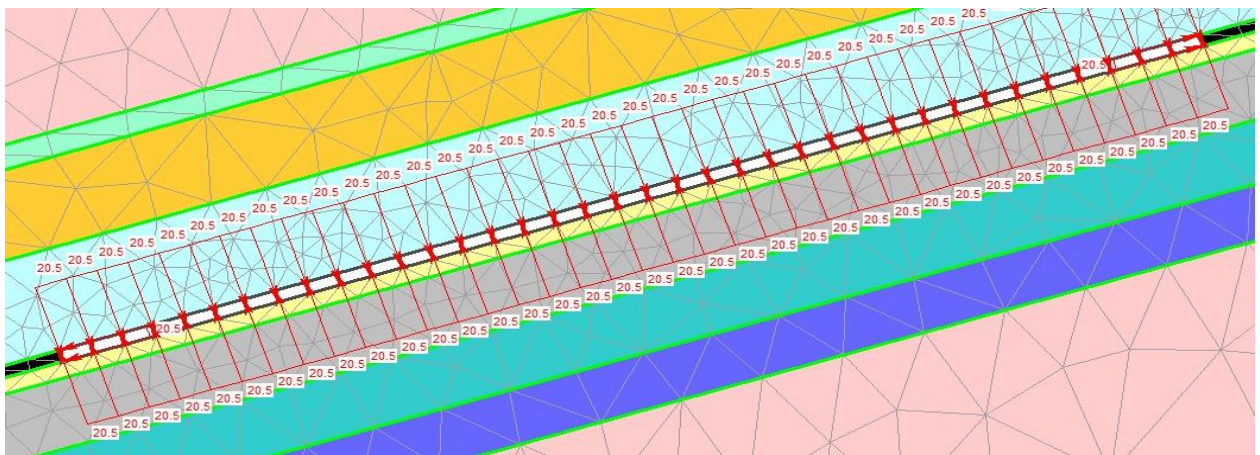


Рисунок 3.13. Розрахункова схема (стадія 2 - імітація проходження механізованого комплексу лави, шляхом «зняття» напруги по заданому контуру виробки)

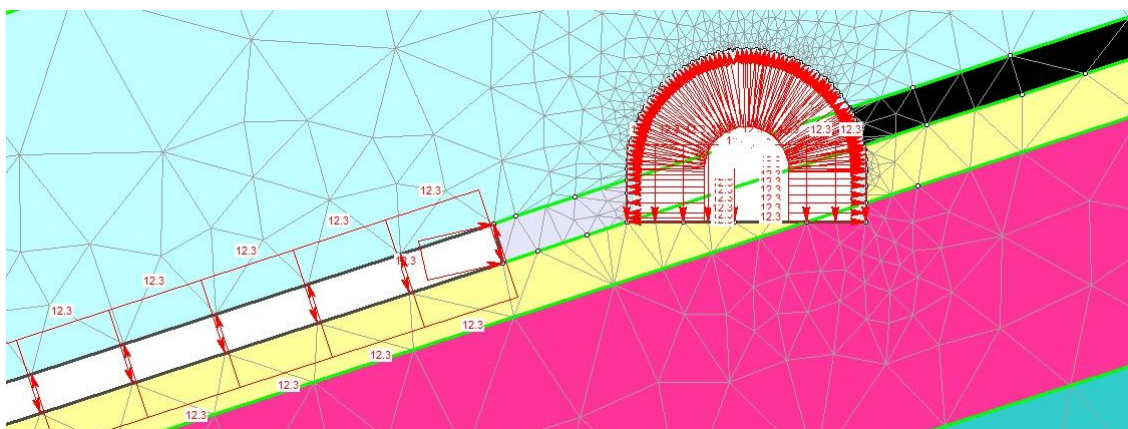


Рисунок 3.14. Розрахункова схема (стадія 3 - імітація розкриття перерізу вентиляційного штреку вслід за лавою)

3.3. Результати розрахунку базової моделі

Для того, щоб базова модель максимально відтворювала переміщення контуру виробки, необхідно було вчислити декілька варіантів моделі. Після цього треба провести аналіз результатів і вибрати ту, яка би максимально відтворювала переміщення контуру виробки. У даному випадку обчислювалось три варіанти. Ці варіанти відрізняють параметром GSI критерію міцності Хоека-Брауна.

Після того як з'явилися перші результати розрахунку базової моделі значення переміщень порівнювалися з реальними, отриманими в ході спостережень. Схема виміру геометричних параметрів виробки показана на рис. 3.15. Якщо отриманий результат не відображав значенням, одержаним в ході спостережень, то відбувалося калібрування базової моделі (див рис. 3.16 - 3.18) шляхом зміни геомеханічних властивостей навколишнього породного масиву. Результати калібрування представлені в табл. 3.3 і рис. 3.16-3.18.

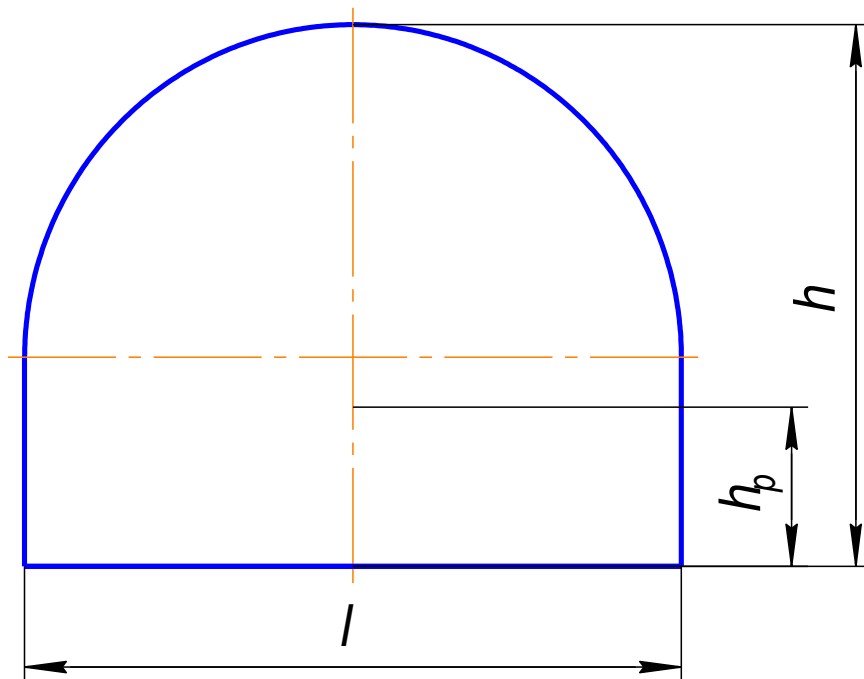


Рисунок 3.15. Геометричні параметри гірничої виробки

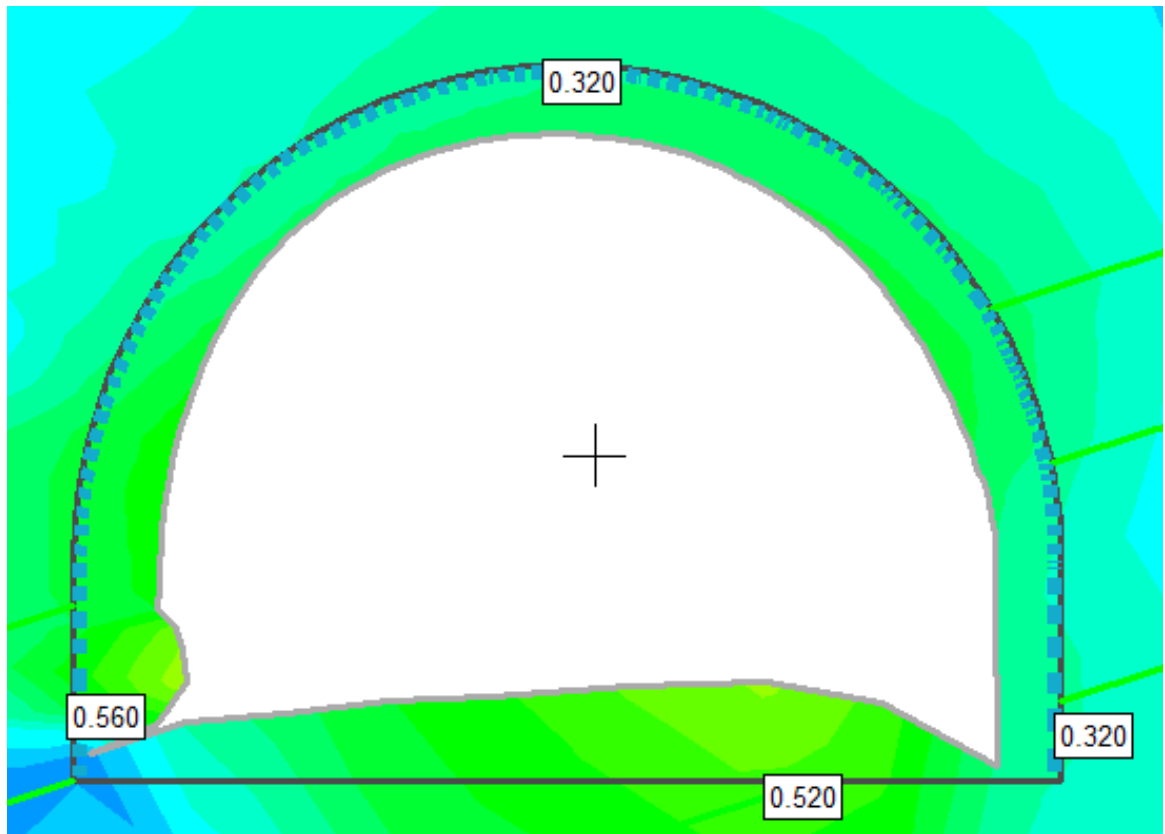


Рисунок 3.16. Результати розрахунку базової моделі. Варіант № 1. Кінцева стадія (сумарні переміщення контуру виробки, м).

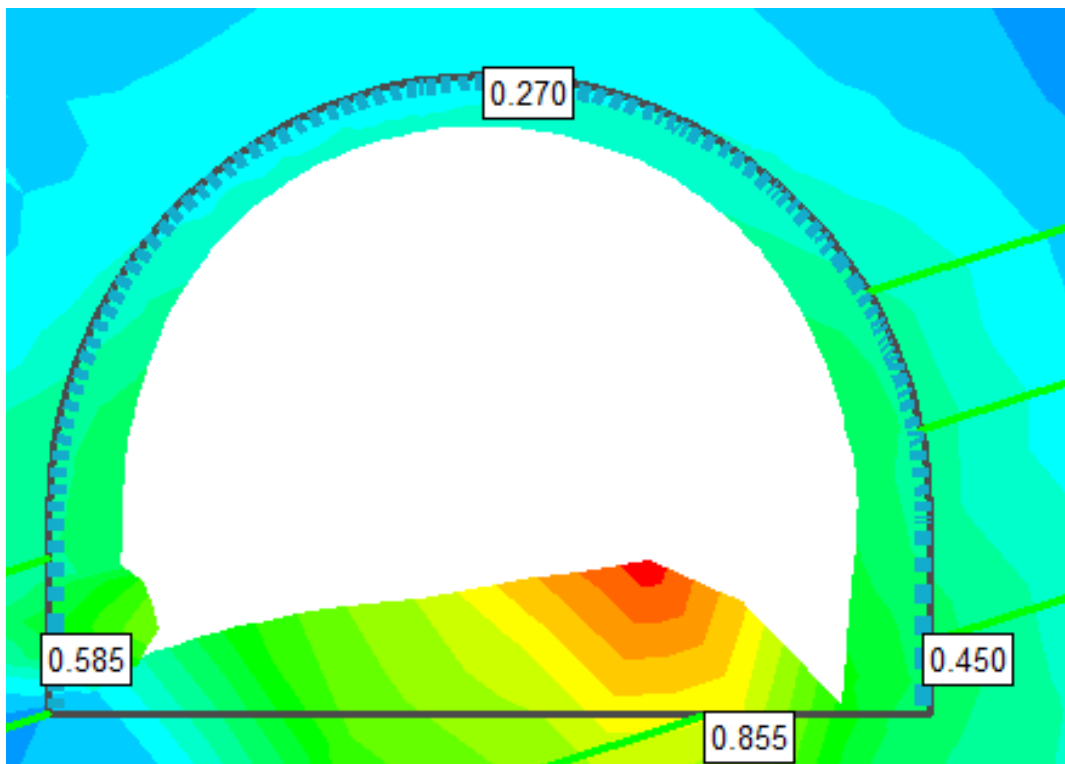


Рисунок 3.17. Результати розрахунку базової моделі. Варіант № 2. Кінцева стадія (сумарні переміщення контуру виробки, м).

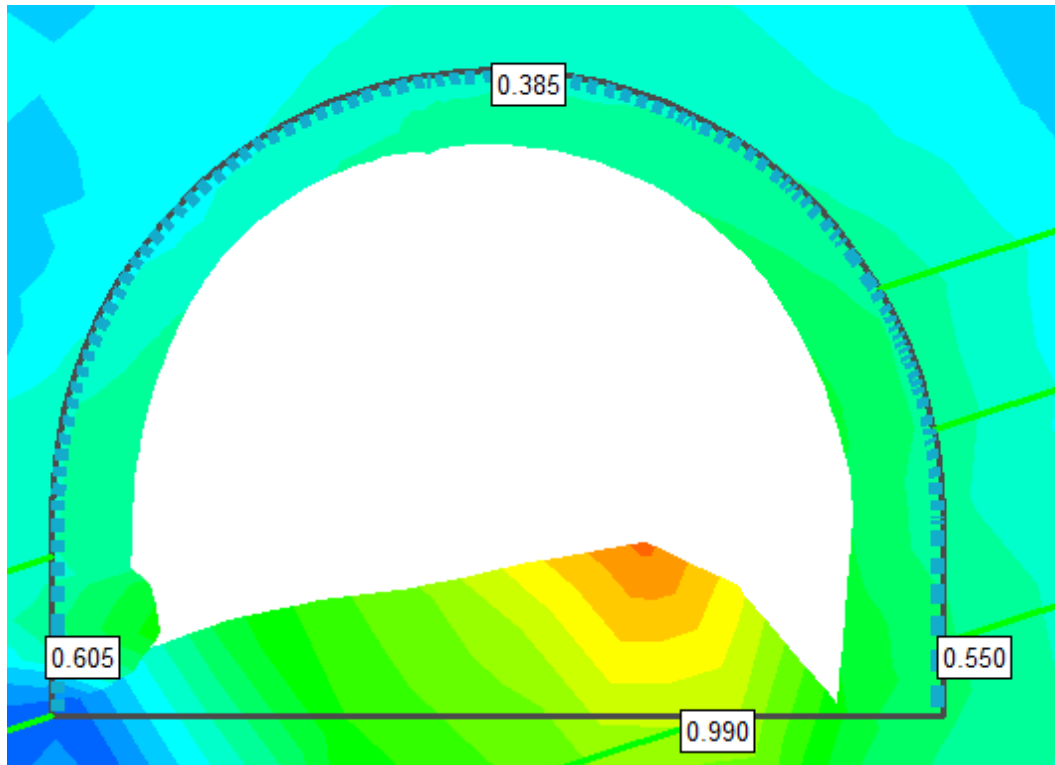


Рисунок 3.18. Результати розрахунку базової моделі. Варіант № 3. Кінцева стадія (сумарні переміщення контуру виробки, м).

Таблиця 3.3

Порівняння отриманих результатів

Параметр	Натурні спостереження	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3
1. Переміщення покрівлі, м.	0,35	0,32	0,32	0,38
2. Переміщення боків (л + п)	1,126	0,88	1,15	1,15
3. Максимальна величина здійснення	1,027	0,520	0,855	0,986
Відхилення, %:	-			
покрівлябоки		8,57	8,57	8,57
здіймання		21,84	2,13	2,13
		49,36	16,74	3,99

Дані, наведені в таблиці 3.3 на рис. 3.18, вказують на адекватність прийнятої моделі №3. Отриману модель можна використовувати, в якості базової для подальшого обґрунтування параметрів раціональних ефективних способів підтримання вентиляційного штреку.

3.4. Обґрунтування параметрів систем кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. l_6 . на основі комбінованого рамно-анкерного кріплення

Обґрунтування параметрів раціонального способу охорони вентиляційного штреку здійснюється шляхом вирішення ряду чисельності завдань які відображають реальну гірничо-геологічну ситуацію, але в яких моделюються різні конфігурації систем охорони і кріплення штреку. Аналіз результатів дозволить вибрати найбільший раціональний варіант.

Для обґрунтування побудови моделі, необхідно враховувати всі етапи експлуатації лави. Перший етап (див. Рис. 3.19) - розкриття перерізу виробки (вентиляційного штреку) і установка охоронних заходів. Другий етап (див. Рис. 3.20) - експлуатація виробки після включення кріплення в роботу. Третій етап (див. Рис. 3.21) - експлуатація виробки в зоні впливу відпрацьованого простору лавою.

Після проходження механізованого комплексу вироблений простір планується погашати, це означає, що з лівого боку виробки буде сильне утворення тріщин і тому немає необхідності застосовувати анкерне кріплення з лівого борту.

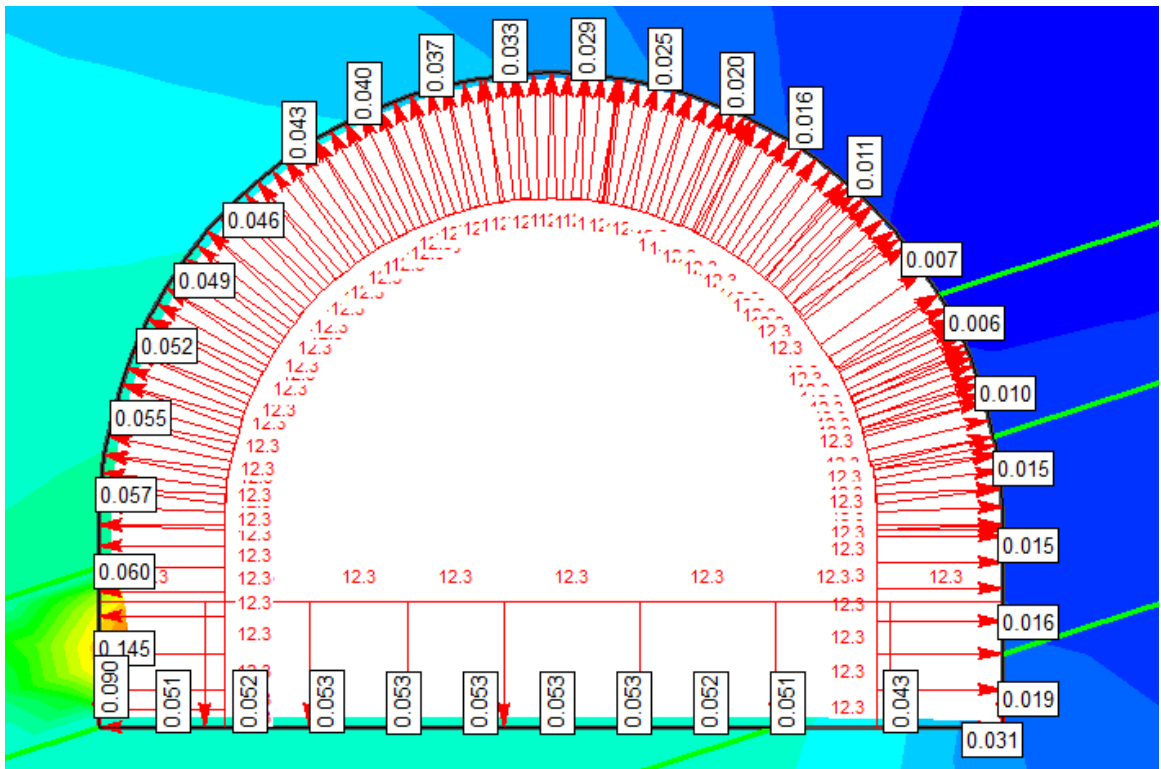


Рисунок 3.19. Величини зсуву на 1 етапі моделювання (розкриття перерізу виробки і установка охоронних заходів)

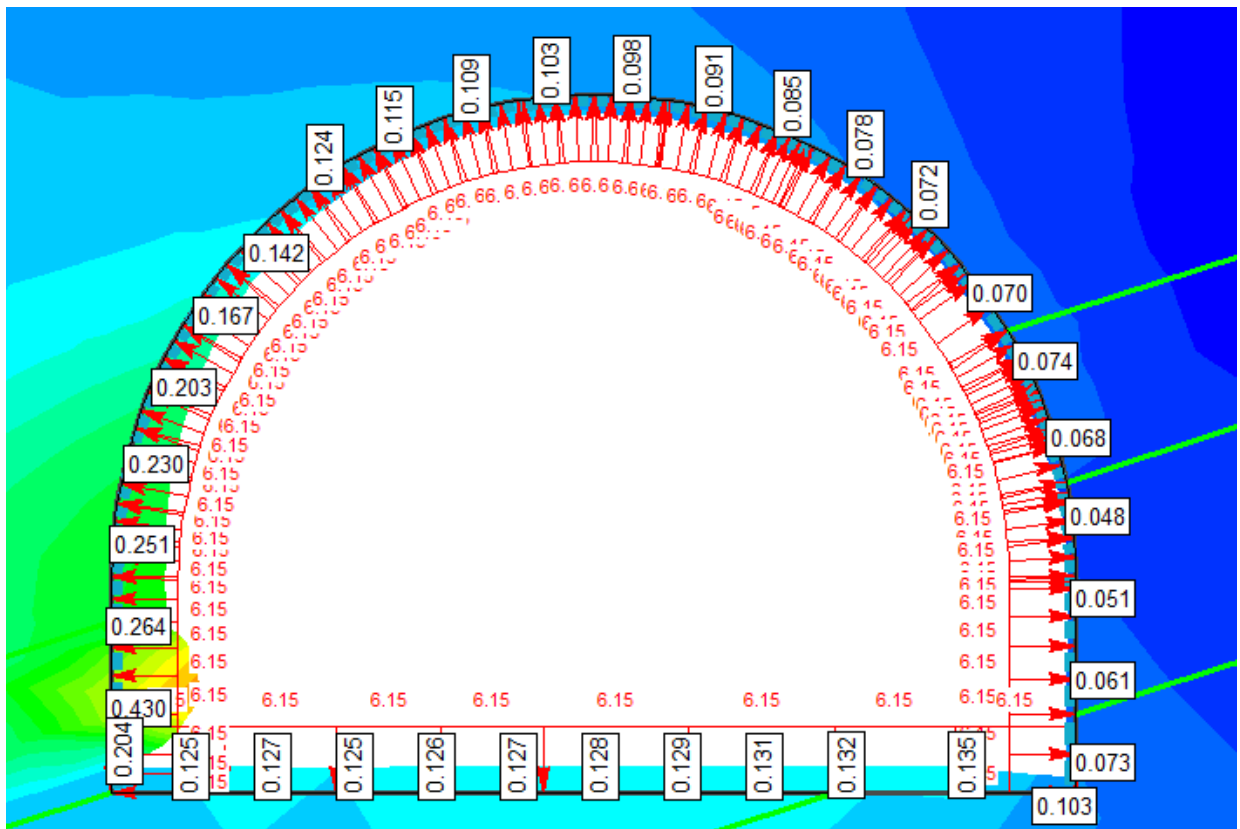


Рисунок 3.20. Величини зсуву на 2 етапі моделювання (експлуатація виробки після включення кріплення в роботу)

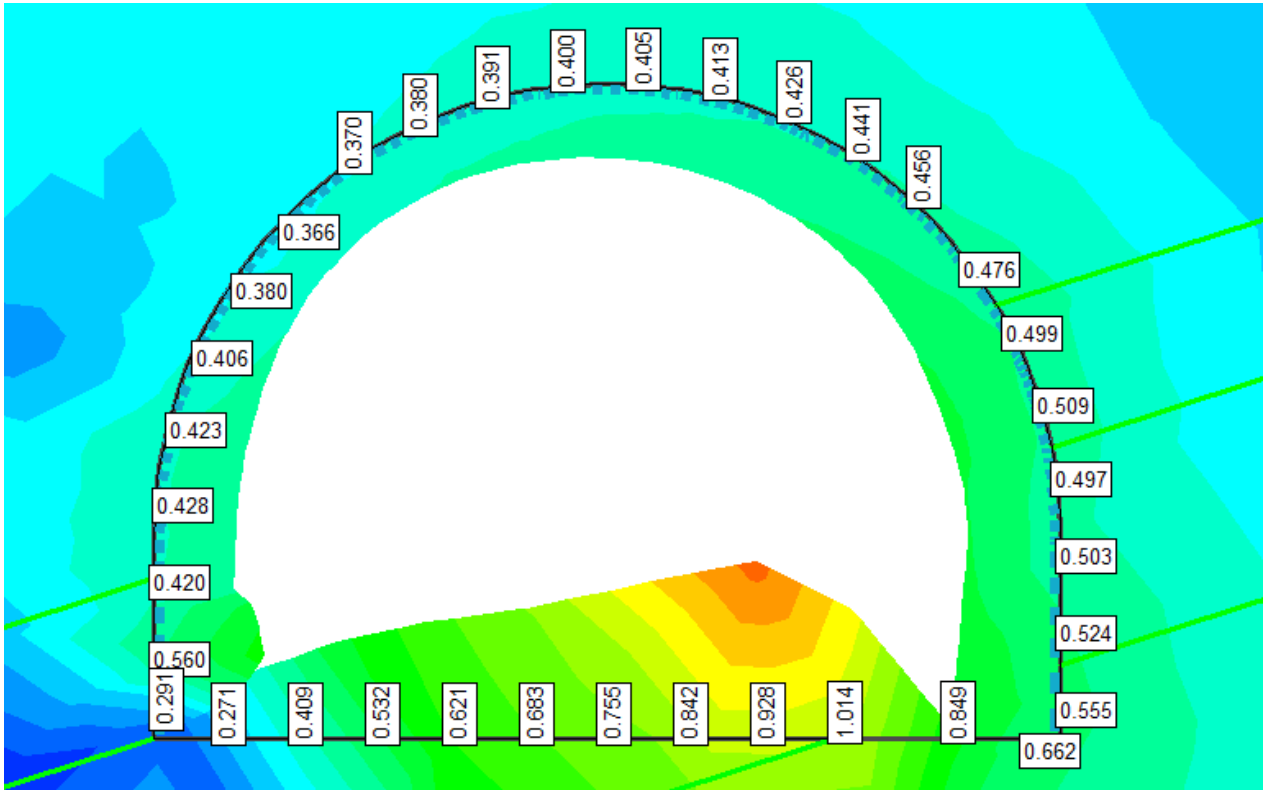


Рисунок 3.21. Величини зсуву на 3 етапі моделювання (експлуатація виробки в зоні впливу відпрацьованого простору лавою)

Для застосування анкерного кріплення необхідно задати кілька конфігурацій розміщення анкерів в правому борту виробки. На рисунках (3.22-3.24) наведені конфігурації застосування анкерів і результати моделювання на етапі експлуатації виробки в зоні впливу відпрацьованої лави.

3.4.1. Методика чисельного моделювання анкерних систем.

1. Шляхом інструменту «Add Stage» на основній панелі креслимо на обраній стадії анкерне кріплення на контурі виробки.

2. На отриманих прямих за допомогою інструменту «Add Vertices» додаємо по 3 точки, для розбиття довжини відрізка на 4 рівні частини, після чого тиснемо «Calculate».

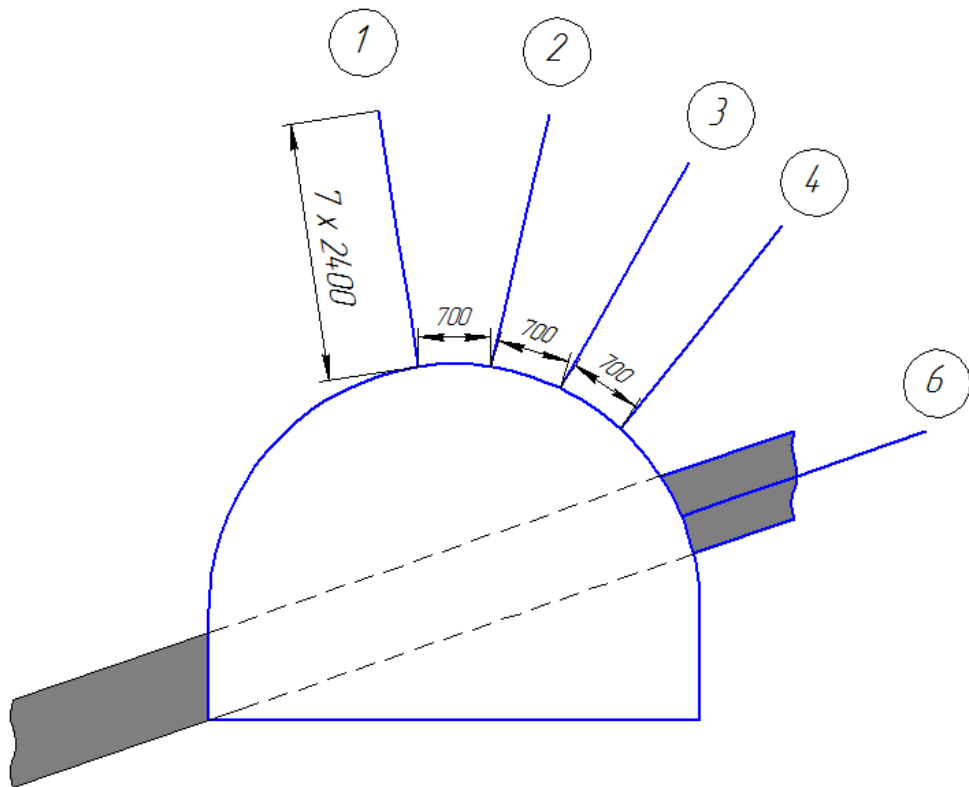


Рисунок 3.22. Конфігурація кріплення з 5-ю анкерами

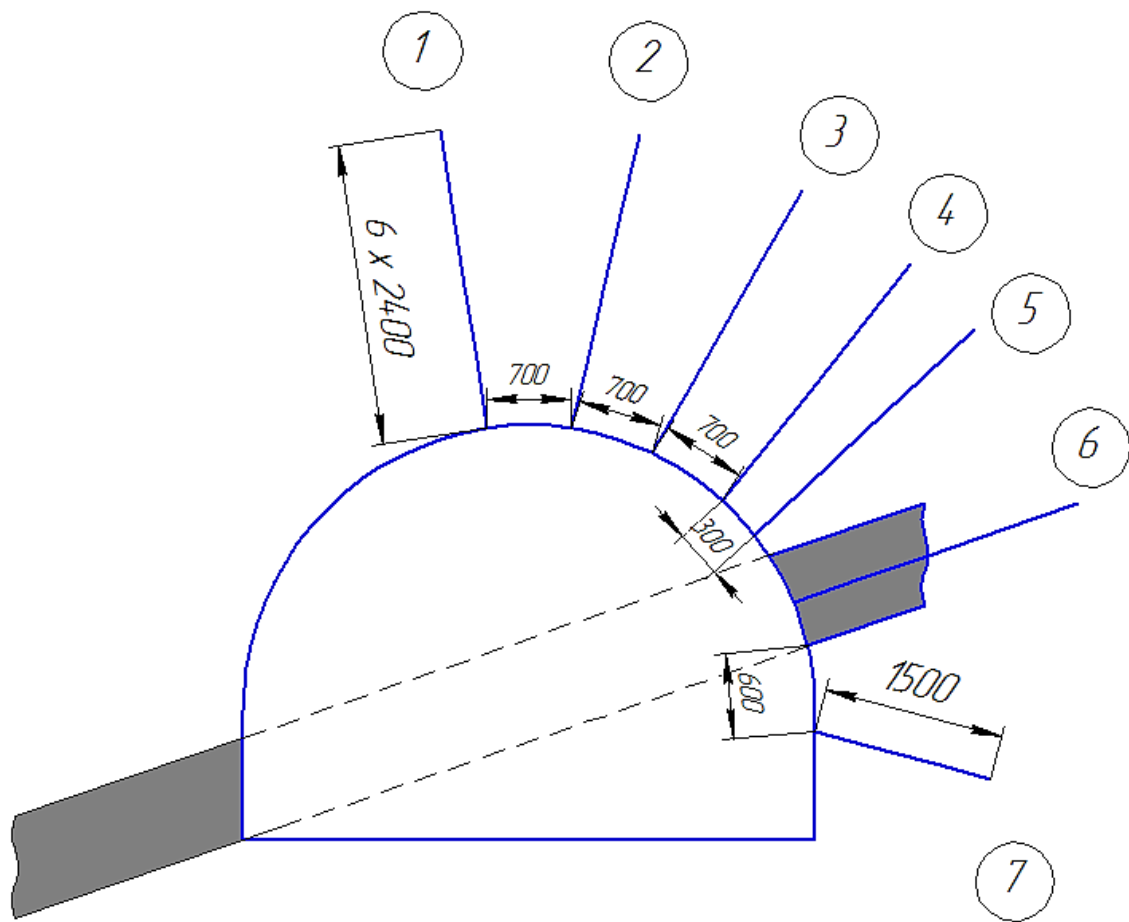


Рисунок 3.23. Конфігурація кріплення с 7-ю анкерами

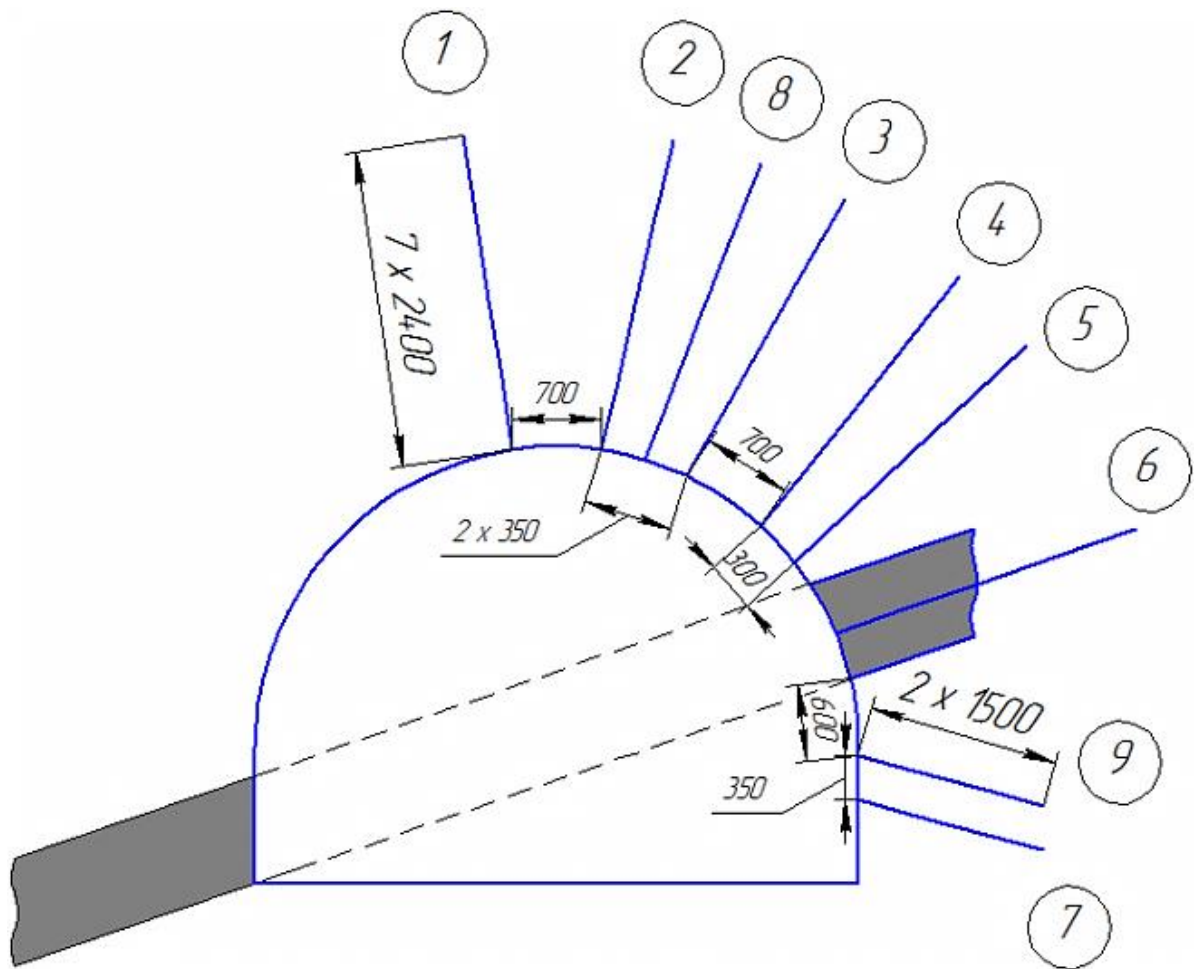


Рисунок 3.16.(3.24) Конфігурація кріплення с 9-ю анкерами

3. Після обчислень вибираємо вид «Vertical Displacement» і на прямій «Stage» за допомогою кліку миші вибираємо «Query Boundary» виписуємо значення вертикальних переміщень і далі за таким принципом виписуємо значення «Horizontal Displacement».

4. Вибираємо на головній панелі «Displacement» інструмент «Set Displacement» в поле «Displacement in the X / Y direction (m)» вписуємо значення переміщень (див. Рис. 3.25.), отриманих в ході виконання четвертого пункту даної методики і вибираємо точки, зазначені в другому пункті.

5. Слід зазначити що при виконанні п'ятого пункту необхідно ввести «коефіцієнт повзучості» анкера для кожної точки, для цього ми застосовуємо властивості «Stage Factors» (див. Рис. 3.26).

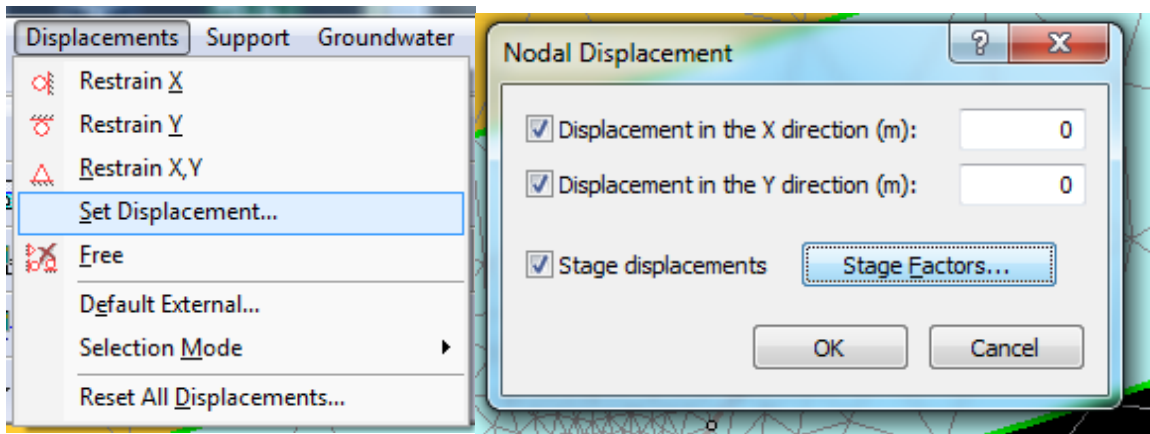


Рисунок 3.25. Використання інструменту «Set Displacement» до моделі

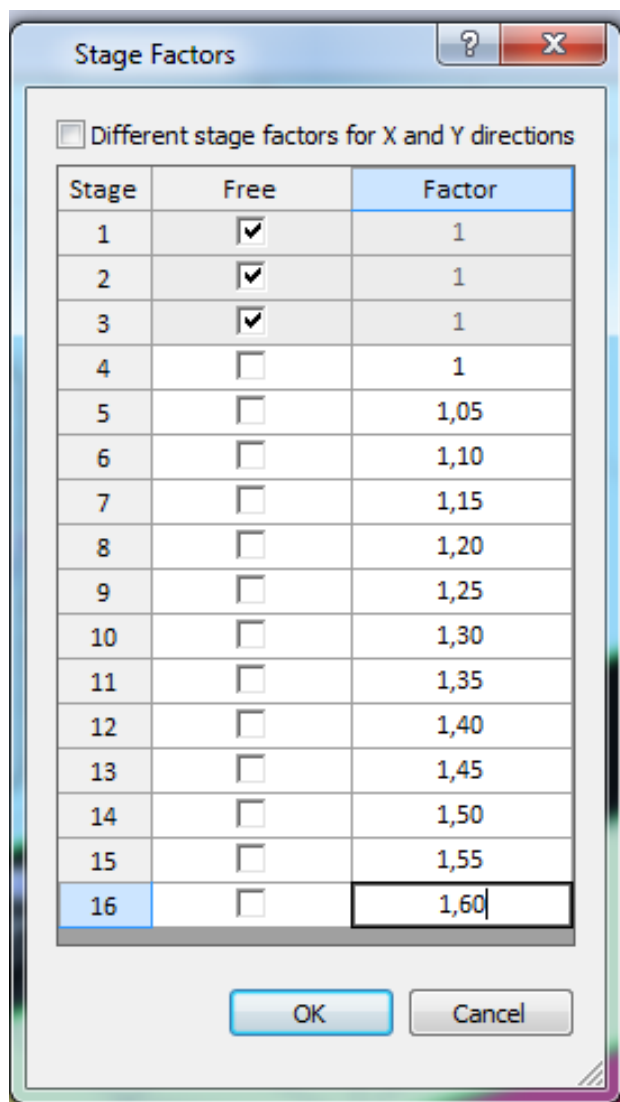


Рисунок 3.26. Коефіцієнт повзучості анкера, у вікні властивостей «Stage Factors».

3.4.2. Результати чисельного дослідження напружено-деформованого стану геомеханічної системи «очистна виробка – штрек-породний масив».

Результати чисельного дослідження напружено-деформованого стану геомеханічної системи «очистна виробка-штрек-породний масив» представлені на рис. 3.27 – 3.29.

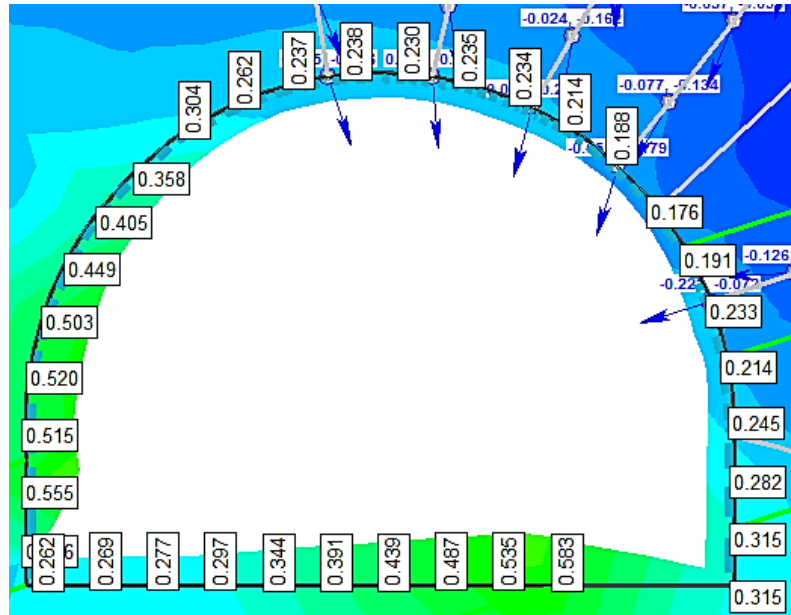


Рисунок 3.27. Картина переміщень контуру виробки з 5-ю анкерами в зоні впливу відпрацьованої лави, м.

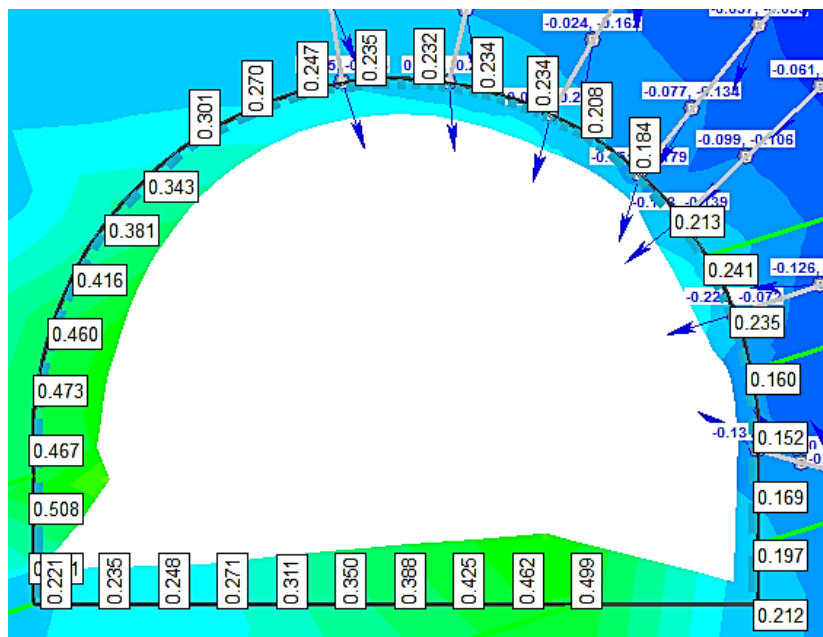


Рисунок 3.28. Картина переміщень контуру виробки з 7-ю анкерами в зоні впливу відпрацьованої лави, м.

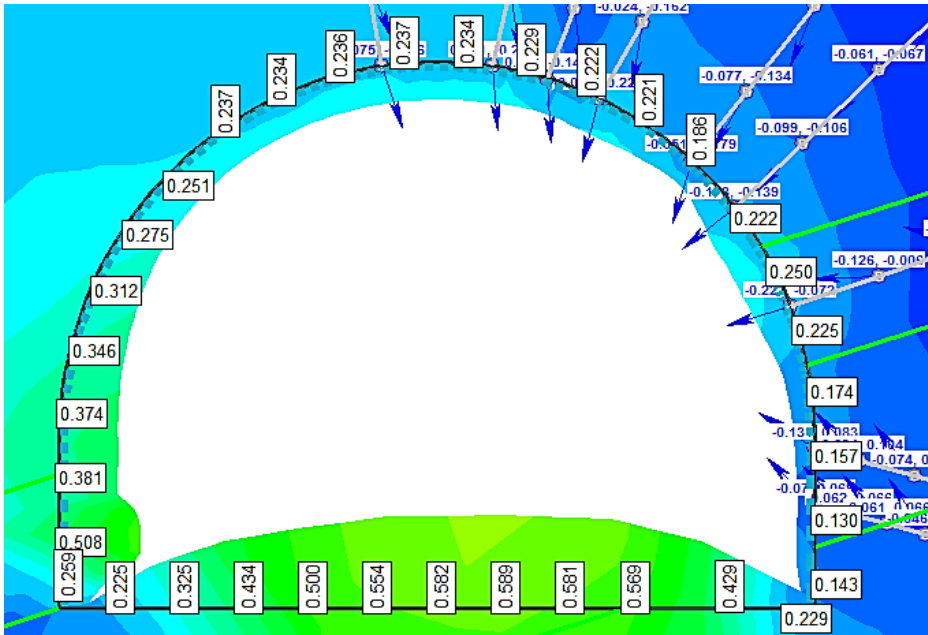


Рисунок 3.29. Картина переміщень контуру виробки з 9-ю анкерами в зоні впливу відпрацьованої лави, м.

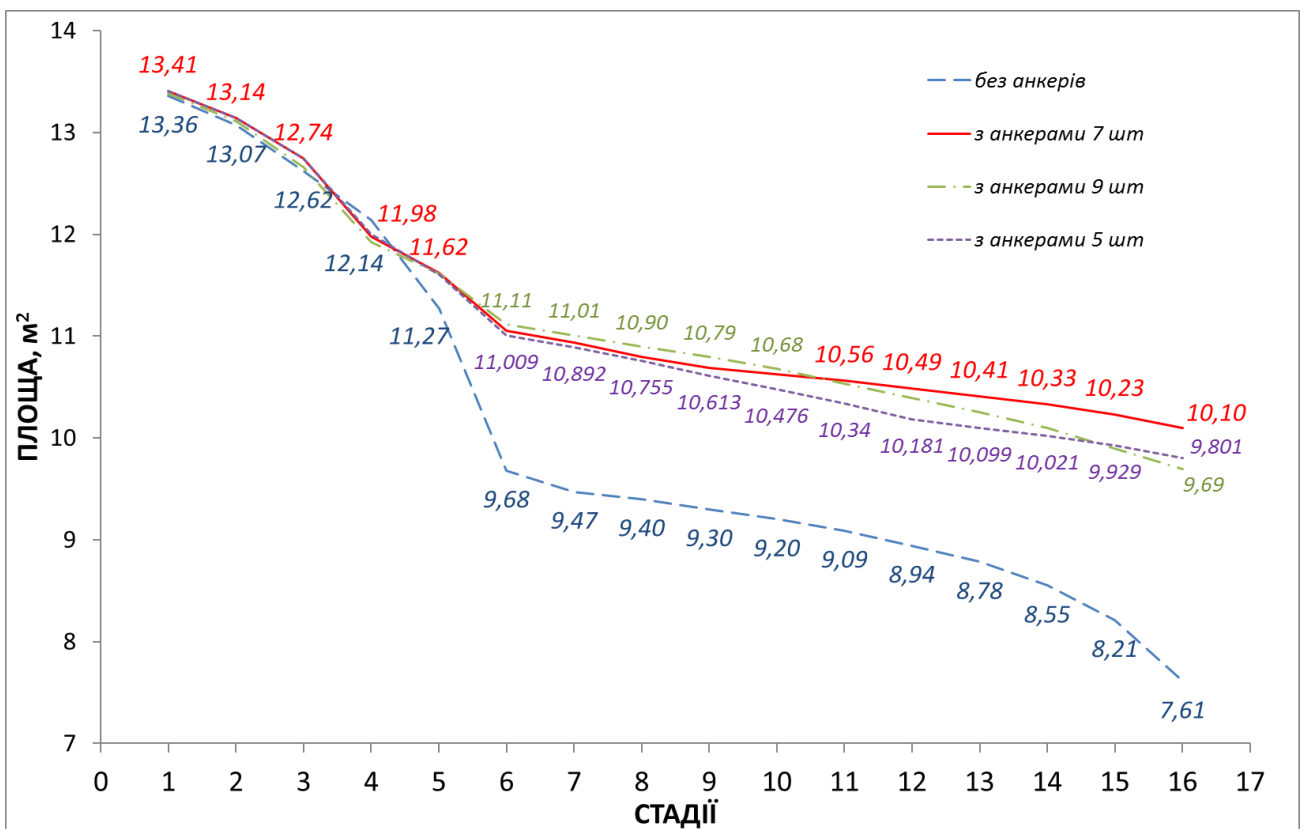


Рисунок 3.30. Динаміка зміни площі поперечного перерізу виробки на різних стадіях розрахунку для розглянутих варіантів кріплення

В якості критерію порівняння отриманих результатів приймаємо площу перерізу виробки і далі будуємо графік (рис. 3.30) для порівняння.

З графіка (на рис. 3.30) видно, що застосування анкерного кріплення в середньому зберігає $2,25 \text{ м}^2$ перерізу виробки, що становить близько 23% від початкового перерізу.

Розглядаючи окремо ефективність застосування різних конфігурацій кріплення з графіка (рис. 3.31) можна зробити висновок про найбільш раціональну кількість встановлених анкерів. Згідно графіку, найбільша площа на останніх розрахункових стадіях залишається у випадку 7-ми анкерів. При цьому з варіантів 5 та 9 анкерів більш ефективним виявляється у розглянутих умовах варіант з 5 анкерами – площа на останніх чотирьох стадіях розрахунку, що відбивають ситуацію поза лавою, у випадку з 5 анкерами є більшою, ніж з 9 анкерами. При розвитку ситуації у випадку з 9 анкерами втрата площі відбувається найбільш інтенсивно з трьох розглянутих варіантів.

Отже, за результатами порівняльного аналізу, для розглянутих умов найбільш раціональним варіантом є використання семи анкерів в поєднанні з піддатливим кріпленням з профілю СВП.

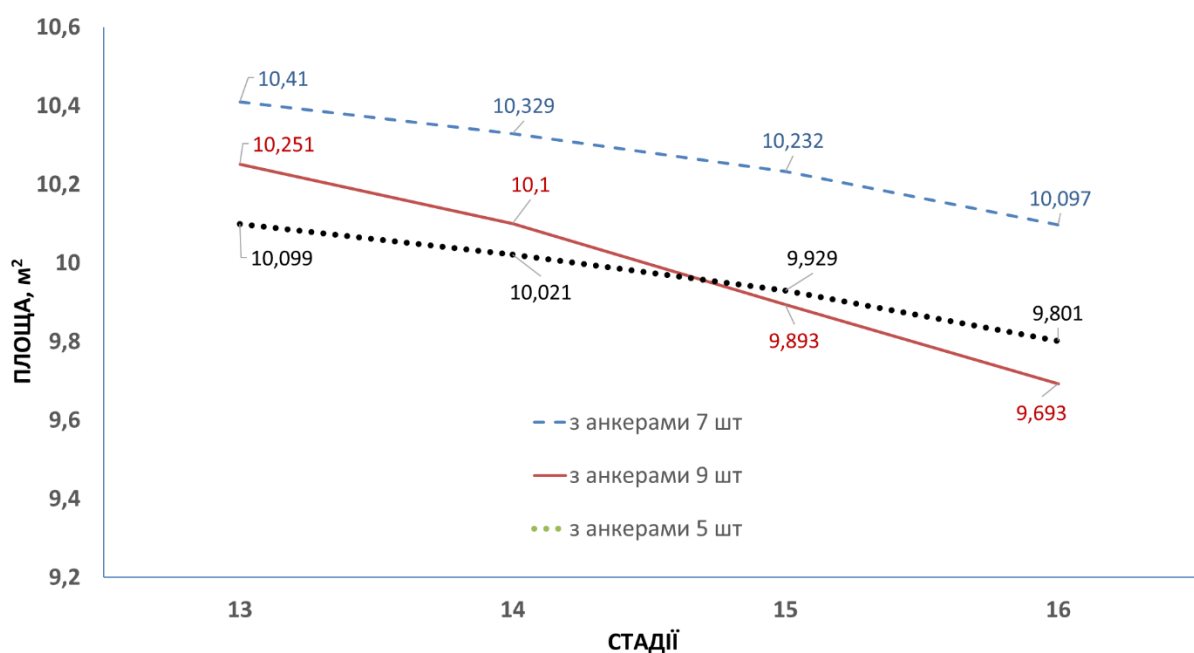


Рисунок 3.31. Порівняння ефективності застосування анкерного кріплення

Таким чином, як рекомендований та раціональний варіант системи кріплення є система кріплення, до якої входить піддатливе рамне аркове кріплення з профілю СВП та 7 анкерів: 5 сталеполімерних довжиною 2,4 м – в покрівлі виробки з боку, протилежного від лави, 1 дерев'яний довжиною 2,4 м – в пласті вугілля паралельно його підосві, 1 сталеполімерний довжиною 1,5 м – в борту з лежачого боку з нахилом 75 градусів в сторону підосви виробки. При такому варіанті системи кріплення площа залишкового перерізу на останній стадії розрахунку приймає величину 10,097 м², що більше базового варіанту (тільки рамен кріплення) на 24,65 %.

Запропонований варіант кріплення наведено на рис. 3.32.

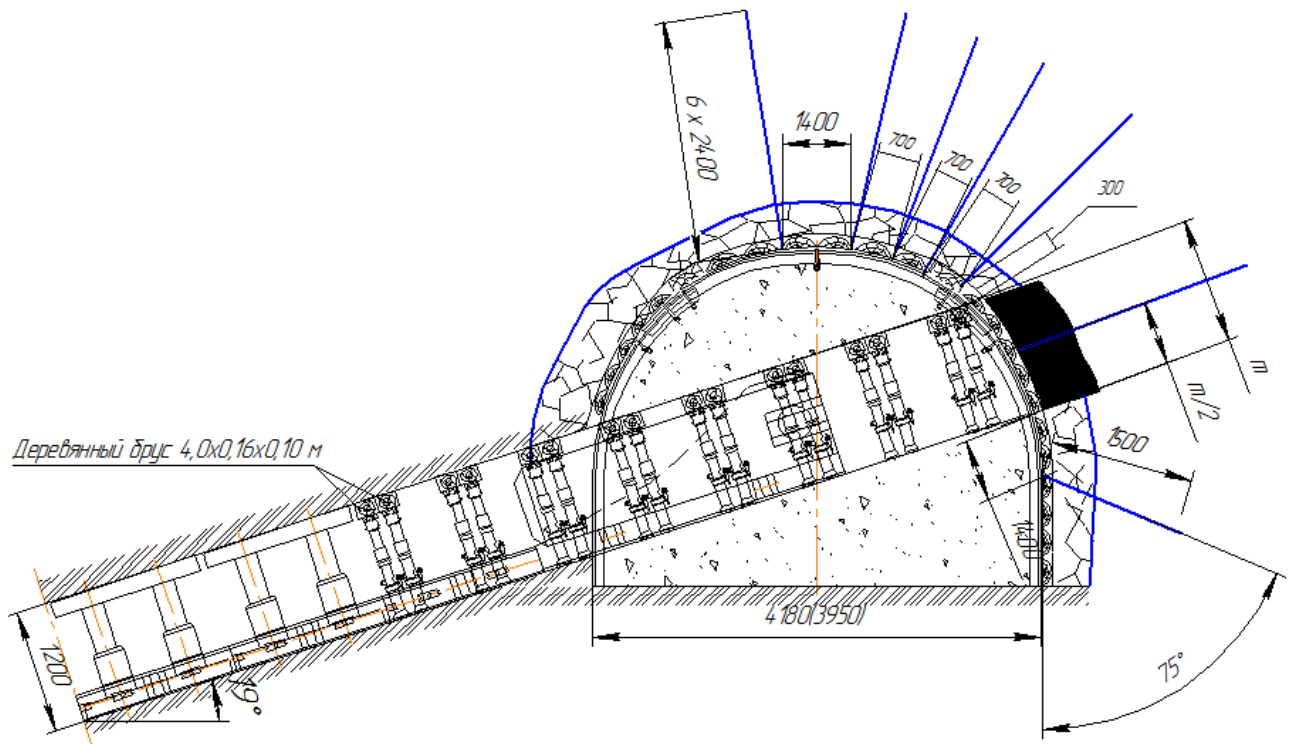


Рисунок 3.32. Запропонований паспорт кріплення 12 північного штреку 1 північної лави пл. l_6

В наступному розділі магістерської роботи наведено розрахунок техніко-економічних показників запропонованого варіанту кріплення.

ВИСНОВКИ

1. Узагальнено відомості про методи чисельного моделювання, обґрунтовано, що метод скінченних елементів є раціональним для вирішення поставлених завдань досліджень, та обрано програмний комплекс чисельного моделювання.

2. Описана і обґрунтована розрахункова схема та методика моделювання, наведені характеристики навколишнього породного масиву.

3. Здійснено розрахунок різних варіантів базової моделі 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 в умовах шахти «імені Д.Ф. Мельникова» та виконано її калібрування для забезпечення відповідності до фактичного стану розглянутої виробки.

4. Розроблено різні варіанти конфігурації кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 на основі комбінованого рамно-анкерного кріплення. При цьому система охорони вентиляційного штреку залишається без змін – бутова смуга.

5. Обґрунтовано методику моделювання анкерного кріплення з застосуванням «коефіцієнта текучості», яка дозволяє врахувати механіку його роботи в породах позаду лави.

6. Аналіз результатів чисельного моделювання показує, що:

– застосування рамно-анкерного кріплення в 12 вентиляційному штреку пл. ℓ_6 в цілому добре підвищує його стійкість (в порівнянні з площею зберігає 2,08 м² площі, що становить 21,46 %);

– найбільш раціональною є система кріплення, до якої входить піддатливе рамне аркове кріплення з профілю СВП та 7 анкерів: 5 сталеполімерних довжиною 2,4 м – в покрівлі виробки з боку, протилежного від лави, 1 дерев'яний довжиною 2,4 м – в пласті вугілля паралельно його підшві, 1 сталеполімерний довжиною 1,5 м – в борту з лежачого боку з нахилом 75 градусів в сторону підшви виробки. При такому варіанті системи кріплення

площа залишкового перерізу на останній стадії розрахунку приймає величину 10,097 м², що більше базового варіанту (тільки рамен кріплення) на 24,65 %.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ КРІПЛЕННЯ ВЕНТЕЛЯЦІЙНОГО ШТРЕКУ

4.1. Оцінка економічного ефекту при застосуванні рамно-анкерного кріплення в 12 північному вентиляційному штреку

Проектно-кошторисна документація вентиляційних виробок 1-ої північної лави включає в себе: локальні кошториси, договірні ціни, відомості ресурсів. Проект пропонує розглянути два варіанти проведення виробок і порівняти їх вартості проведення (див. Додаток Б).

1-й варіант - проведення 12-го північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 в комплексі з 3-ма тривалими квершлагами: центральний вентиляційний квершлаг пл. $k_8 - \ell_6$, північний вентиляційний квершлаг пл. і 1-й північний квершлаг пл. $k_8 - \ell_6$. Також цей варіант передбачає погашення 12-го північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 разом з квершлагом, за яким в даний момент відбувається провітрювання, за умови сполучення забою з одним з вище перерахованих квершлагів, гаситься частина штреку що знаходиться позаду сполучення з квершлагом і сам квершлаг який був пройдений раніше. Тут же будуть застосуються ремонтні роботи, спрямовані на боротьбу з великим здійманням підосви в 12-м північному вентиляційному штреку пл. ℓ_6 . Цей варіант в даний момент планується застосовувати на шахті «імені Д.Ф. Мельникова».

2-й варіант - проведення 12-го північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 в комплексі з 2-ма тривалими квершлагами: центральний вентиляційний квершлаг пл. $k_8 - \ell_6$ і 1-й північний квершлаг пл. $k_8 - \ell_6$. Цей варіант передбачає установку рамно-анкерного кріплення в 12-м вентиляційному штреку пл. ℓ_6 і не передбачає його погашення під час проходження лави.

Розрахунок параметрів економічного обґрунтування виконано за допомогою програмного комплексу «Строительные технологии – СМЕТА», версія 7.9.7.

Документація складена на підставі:

- Правил визначення вартості будівництва (ДСТУ Б Д.1.1-1:2013) [40];
- Збірник 35. Гірничопрохідницькі роботи (ДСТУ Д.2.2-35:2012) [41];
- Збірник 22. Водопровід - зовнішні мережі (ДСТУ Б. Д.2.2-22:2014) [42];

Вихідні дані для складання проектно-кошторисної документації

Таблиця 4.1

№ п/п	Найменування виробки	12 півн. вент. штрек	Півн. вент. квершлаг	Підривка 12 півн. вент. штрек	Погашення Півн. вент. квершлаг
	Об'єми робіт				
1.	Довжина, м	980	500	980	500
2.	Кут нахилу, град	0	19	0	19
3.	Площа перетину в проходці, м ²	12	12	-	12
4.	Обсяг гірської маси, що виймається, м ³	11760	6000	2940	-
5.	Тип кріплення	АП-11,2	АП-11,2	АП-11,2	АП-11,2
6.	Крок встановлення кріплення, м	0,8	0,8	0,8	-
7.	Вага 1-й рами кріплення, т	0,162	0,162	0,162	0,162
8.	Сумарна вага кріплення, т	198,45	101,25	198,45	101,25

4.2. Основні техніко-економічні показники

Таблиця 4.2

Сумарна вартість будівництва

№ п\п	Виробки	Од. вим.	Кіл-ть
1-й варіант			
1.	Проходження 12 північний вентиляційний штрек пл. ℓ_6	тис. грн	13459,054
2.	Підбивка підосви 12 північного вентиляційного штрека пл. ℓ_6	тис. грн	4556,518
3.	Проходка північного вентиляційного квершлага	тис. грн	4559,052
4.	Погашення північного вентиляційного квершлага	тис. грн.	738,728
ИТОГО		тис. грн.	23313,352
2 -й варіант			
1.	Проходження 12 північного вентиляційного штрек пл. ℓ_6	тис. грн	17079,581
2.	Підбивка підосви 12 північного вентиляційного штрека пл. ℓ_6	тис. грн	2477,48
ИТОГО		тис. грн.	19557,061
Різниця ($\Delta = \sum B1 - \sum B2$)		тис. грн.	3756,291
Економія на 1 п.м. ($\Delta/980$)		грн.	3832.95

ВИСНОВОК

Економічний ефект від запропонованого способу будівництва гірничих виробок дорівнює 3756,291 тис. грн., або 3832.95 грн на 1 погонний метр.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі вирішена актуальна науково-технічна задача, яка полягає в обґрунтуванні параметрів кріплення підготовчої виробки, проведеної в складних гірничо-геологічних умовах шахти імені Д.Ф. Мельникова ПАТ «Лисичансквугілля».

Основні результати магістерської роботи полягають в наступному:

5. Показано, що завдання, пов'язані з підвищенням стійкості виробок, підвищенням ефективності роботи систем кріплення, є важливими з точки зору ефективності роботи вуглевидобувного підприємства.

6. Вугілля є єдиним енергоносієм на території України, запасів якого достатньо на довгострокову перспективу і який гарантовано може становити основу енергетичної незалежності та безпеки держави.

7. Виконано класифікацію засобів і способів забезпечення стійкості і надійності виробок.

8. Проведено аналіз умов проведення виробок 1 північної лави пл. ℓ_6 шахти імені Д.Ф. Мельникова ПАТ «Лисичансквугілля». Показано, що схема проходження вентиляційних виробок яка планується впроваджувати на даний час є недоцільною.

9. Обґрунтовано методику чисельного моделювання НДС геомеханічної системи «лава-штрек-породний масив» та виконано розрахунок та калібрування базової моделі 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 в умовах шахти «імені Д.Ф. Мельникова» для забезпечення відповідності до фактичного стану розглянутої виробки.

10. Розроблено різні варіанти конфігурації кріплення 12 північного вентиляційного штреку пл. ℓ_6 на основі комбінованого рамно-анкерного кріплення. При цьому система охорони вентиляційного штреку залишається без змін – бутова смуга.

11. Обґрунтовано методику моделювання анкерного кріплення з застосуванням «коефіцієнта текучості», яка дозволяє врахувати механіку його роботи в породах позаду лави.

12. За результатами порівняльного аналізу чисельного моделювання варіантів систем кріплення встановлено, що найбільш раціональною є система кріплення, до якої входить піддатливе рамне аркове кріплення з профілю СВП та 7 анкерів: 5 сталеполімерних довжиною 2,4 м – в покрівлі виробки з боку, протилежного від лави, 1 дерев'яний довжиною 2,4 м – в пласті вугілля паралельно його підосві, 1 сталеполімерний довжиною 1,5 м – в борту з лежачого боку з нахилом 75 градусів в сторону підосви виробки. При такому варіанті системи кріплення площа залишкового перерізу на останній стадії розрахунку приймає величину 10,097 м², що більше базового варіанту (тільки рамен кріплення) на 24,65 %.

13. Ефективніше встановлювати 7-м анкерів в поєднанні з металевим арковим кріпленням з профілю СВП, так як цей варіант має найбільше значення залишкової площі, аніж з кріпленням із 5-ти та 9-ти анкерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нова енергетична стратегія України до 2035 року [Електронний ресурс] : сайт Мі-во енергетики та вугільної промисловості України. – Текст. дані. – К., 2017. – 8 сл. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua>
2. Полезные ископаемые Украины [Електронний ресурс] : сайт журналу America 2030. – Текст, 2016. – 8 с. – Режим доступу: <http://america2030.net>
3. Грядущий Б.А. Стратегические направления возрождения угольной отрасли / Б.А. Грядущий, Е.П. Мухин, В.Б. Грядущий // Уголь Украины. – 2007. - №1. – С.9.
4. Бабиюк Г.В. Управление надежностью горных выработок : монография / Г.В. Бабиюк. – Донецк : Світ книги, 2012. – 420 с. С.10.
5. Роман Вибрановський. При Януковичі було спокійно? [Електронний ресурс] // Гірники. – Текст. дані : сайт Український кризовий медіа-центр. – Режим доступу: <http://energyreform.uacrisis.org/page273641.html>
6. Олександр Дячук. Роль енергетики [Електронний ресурс] // кліматична угода для України / Аналітична записка старшого наукового співробітника Інституту економіки та прогнозування НАН України Олександра Дячука. – Текст. дані : сайт Український кризовий медіа-центр. – Режим доступу: <http://energyreform.uacrisis.org/climate>
7. СНиП II-94-80. Підземні гірничі виробки. – Замість СНиП II -М.4-65 ; чинний від 1980-12-31 – М. : Міністерство вугільної промисловості СРСР, 1980. – 58 с. – (Будівельні норми і правила).
8. Терещук Р.Н. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок глубоких угольных шахт : монография / Р.Н. Терещук, А.В. Наумович ; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т . – Д. : НГУ, 2015. – 134 с.
9. Гайко Г. І. Конструкції кріплення підземних споруд : Навч. посіб. / Г.І. Гайко. – Алчевськ : ДонДТУ, 2006. – 133 с.

10. Устойчивость породных обнажений горных выработок // Механика подземных сооружений: методические указания / сост. Г.Г. Литвинский. – Алчевск, ДонГТУ, 2013. - 40 с.

11. Шашенко О.М., Солодянкін О.В., Мартовицький А.В. Управління стійкістю протяжних виробок глибоких шахт : монографія / О.М. Шашенко, О.В. Солодянкін, А.В. Мартовицький. – Д. : Лізунов Прес, 2012. – 384 с.

12. Заславский Ю.З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна / Ю.З. Заславский. – М. : Недра, 1966. – 180 с.

13. Глушко В.Т. Охрана выработок глубоких шахт / В.Т. Глушко, Т.Н. Цай, И.И. Ваганов. – М. : Недра, 1975. – 200 с.

14. Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы в горных выработках / И.Л. Черняк. – М. : Недра, 1978. – 237 с.

15. Попович И.Н. Обоснование параметров способа обеспечения устойчивости повторно используемых подготовительных выработок глубоких угольных шахт : автореф. дис. ... канд. техн. наук : специальность 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство» / Попович Игорь Николаевич ; Министерство образования и науки Украины, Национальный горный университет – Д., 2015. – 42 с. – Библиогр.: с. 47-54.

16. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок / В.Н. Каретников [и др.] : справочник. – М. : Недра, 1989. – 571 с.

17. Ржевский В.В. Основы физики горных пород / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. – М. : Недра, 1979. – 214 с.

18. Нейман Л.К. Поддержание выработок на шахтах ПО "Павлоградуголь" / Л.К. Нейман, В.Н. Рева, А.В. Шмиголь. – М. : ЦНИЭИуголь, 1991. – 45 с.

19. Гибельгаус В.И. Выбор параметров крепи для безремонтного поддержания конвейерных штреков при отработке крутых пластов / В.И. Гибельгаус, Ю.С. Хабаров // Механика горных пород и горное давление. Труды ВНИМИ. – Л., 1981. – С. 36-41.

20. Андранович В.А. Охрана и поддержание выемочных выработок на пологих пластах // Прогноз геомеханических процессов и управление горным давлением на шахтах. – Л. : ВНИМИ, 1985. – С.29-32.

21. Байсаров Л.В. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.И. Демченко. – Д.: Лира ЛТД, 2005. – 240 с.

22. Ильяшов М.А. Охрана повторно используемых выработок, как один из факторов обеспечения эффективности и безопасности разработки угольных пластов на больших глубинах // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Д., 2006. – Вып. 66. – С. 39-44.

23. Борщевский С.В., Кожушок О.Д. К вопросу о геомеханических принципах и совершенствовании технологии комплексного поддержания повторно используемых выемочных штреков // Перспективы развития Восточного Донбасса. – Новочеркасск : УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – Ч. 1. – С. 390-397.

24. Булат А.Ф. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, М.А. Ильяшов, О.Д. Кожушок и др. – Днепропетровск-Донецк : «ВИК», 2009. – 36 с.

25. Усаченко Б.М. Комбинированные охранные системы нарастающего сопротивления – безальтернативная технология поддержания выемочных штреков / Б.М. Усаченко, В.Н. Трипольский, А.А. Яйцов, Е.Н. Халимендииков // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Д., 2010. – Вып. 91. – С. 15-26.

26. Ильяшов М.А. Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав // Уголь Украины. – 2008. - № 4. – С. 8-11.

27. Терентьев Б.Д., Жаров А.И. Геомеханические аспекты сохранения выемочных штреков // Уголь. – 1990. – № 9. – С. 46-49.

28. Логунова О.О. Повторне використання підготовчих виробок вугільних шахт / О.О. Логунова, М.В. Барабаш, О.І. Дубовик. – Д. : Літограф, 2015. – 64 с.

29. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Донецк : ВИК, 2009.

30. Лозовский С.П. Обоснование параметров способа повышения устойчивости подготовительных выработок с пучащей почвой в зоне влияния очистных работ : автореф. дис. ... канд. техн. наук : специальность 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство» / Лозовский Сергей Павлович ; Министерство образования и науки Украины, Национальный горный университет – Д., 2004. – 18 с. – Библиогр.: с. 40-46.

31. Стан розвитку паливно-енергетичного комплексу України за 10 місяців 2017 року (за фактичними даними) [Електронний ресурс]. – Текст. дані : сайт Мі-во енергетики та вугільної промисловості України. – Текст. дані. – К., 2017. – 8 сл. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article;jsessionid=13C5D6482A6686A1D73498A4AB1BF202.app2?art_id=245259023&cat_id=245030702

32. Геомеханіка: підручник для ВНЗ / О.М. Шашенко, В.П. Пустовойтенко, О.О. Сдвижкова. – К. : Новий друк, 2016. – 528 с. – Рос.

33. Слесарев В.Д. Разработка свиты пластов. – М. : Углетехиздат, 1954. – 184 с.

34. Выборнова С.Н. Исследование и разработка методики расчета НДС горного массива вокруг подготовительных и капитальных выработок, пройденных по пучащим породам : автореф. дис. ... канд. техн. наук ; МГД им. А.А. Скочинского, – М., 1974. – 19 с.

35. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести : справочное пособие / Г.С. Писаренко, Н.С. Можаровский. – К. : Наукова думка, 1981. – 496 с.

36. Литвинский Г.Г. Конструкции и расчёт крепей : Учебное пособие к расчёту на ЭВМ крепи горных выработок (для студентов, магистров и аспирантов горных специальностей) / Сост.: Г.Г. Литвинский, Э.В. Фесенко, Е.В. Емец. – Алчевск : ДонГТУ, 2011. – 152 с.

37. Каретников В.Н. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок : справочник / В.Н. Каретников, В.Б. Клейменов, А.Г. Нуждихин – М. : Недра, 1989. – 571 с.

38. Русско-украинский словарь по горному делу / Под редакцией д-ра техн. наук Б.А. Грядущего.– Донецк: Юго-Восток, 2006. – 472 с.

39. Складання списку літератури в навчальних виданнях: посіб. для наук.-пед. працівників / В.О. Салов, О.Н. Нефедова, О.Н. Ільченко, В.В. Панченко, Т.О. Недайвода, В.Г. Римар ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2013. – 39 с.

40. ДСТУ Б. Д. 1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. – Замість ДБН Д.1.1-1-2000 ; Чинний від 01.01.2014. – К. : Мінрегіон України, 2014. – (Державний стандарт України).

41. ДСТУ Д.2.2-35:2012. Ресурсные элементные сметные нормы на горнопроходческие работы (Сборник 35). – На замену ДБН Д.2.2-35-99 ; Действующий от 28.12.2012. – К. : Минрегион Украины, 2012. – 38 с. – (Государственный стандарт Украины).

42. ДСТУ Б. Д.2.2-22:2014. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Водопровод – наружные сети (Сборник 22). – На замену ДСТУ Б. Д.2.2-22:2012 ; Действующий от 01.09.2014. – К. : Минрегион Украины, 2014. – 41 с. – (Государственный стандарт Украины).