

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Гладкий Юрій Станіславович

(ПІБ)

академічної групи 184М-17-1 ФБ

(шифр)

спеціальності 8.184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Будівельні геотехнології та геомеханіка

(офіційна назва)

на тему Дослідження стійкості гірничих виробок в гірничо-геологічних умовах шахт
Центрального Донбасу

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Халимендик О.В.			
розділів:				
Рецензент				
Нормоконтролер	Максимова Е.О.			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки

_____ Гапєєв С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра**

студенту _____ Гладкий Ю.С. _____ академічної групи _____ 184М-17-1 ФБ _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 8.184 Гірництво _____

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Будівельні геотехнології та геомеханіка _____

_____ (офіційна назва)

на тему Дослідження стійкості гірничих виробок в гірничо-геологічних умовах шахт
Центрального Донбасу _____,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 04.12.2018 р. №2062-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Аналіз паливно-енергетичного комплексу	
2	Аналіз умов видобутку вугілля в Центральному Донбасі	
3	Аналіз результатів обстеження гірничих виробок	
4	Аналіз результатів оцінки стану гірничих виробок	
5	Лабораторні дослідження закономірностей деформування породного масиву на фізичних моделях	

Завдання видано _____
(підпис керівника)

О.В. Халимендик
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Гладкий Ю.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з вступу, п'яти розділів, висновку та бібліографічного списку з 18 джерел. Містить 20 рисунків та 11 таблиць. Загальний обсяг пояснювальної записки складає 77 сторінок.

Метою роботи є дослідження стійкості гірничих виробок в гірничо-геологічних умовах шахт Центрального Донбасу.

Основні завдання досліджень:

- аналіз сучасного стану вугільної промисловості;
- аналіз результатів шахтних досліджень стану ділянок виробок, що знаходяться в складних гірничо-геологічних умовах;
- встановлення закономірностей деформування неоднорідного породного масиву навколо капітальної гірничої виробки.

Об'єктом досліджень є стійкість протяжних виробок поза зоною впливу очисних робіт.

Предметом досліджень є напружено-деформований стан системи «виробка-масив».

Методи досліджень. Методологічною основою вирішення поставлених завдань є комплексний підхід, який включає критичний аналіз та узагальнення інформації в галузі досліджень; еквівалентне моделювання геомеханічних процесів.

Науково-практична цінність дипломної роботи полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану системи «виробка-масив», що дає можливість обґрунтовано обирати раціональні засоби охорони гірничих виробок в аналогічних умовах.

Ключові слова: *гірничі виробки, породний масив, стійкість виробки, моніторинг, лабораторне моделювання.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	6
1.1. Стан видобувної промисловості.....	6
1.2. Аналіз критеріїв оцінювання гірничотехнічних об'єктів.....	10
Висновки за розділом.....	15
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ УМОВ ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ДОНБАСІ.....	16
2.1. Основні відомості.....	16
2.2. Гірничо-геологічні умов видобутку.....	17
Висновки за розділом.....	20
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК	21
3.1. Огляд існуючих методик та вибір об'єкту досліджень.....	21
3.2. Обґрунтування методики шахтних досліджень.....	23
3.3. Аналіз результатів моніторингу виробок.....	30
Висновки за розділом.....	47
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ СТАНУ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК	48
4.1. Інформація щодо об'єкту досліджень.....	48
4.2. Співставлення даних щодо проявів гірського тиску та особливостей гірничого-геологічних умов.....	49
Висновки за розділом.....	56
РОЗДІЛ 5 ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДЕФОРМУВАННЯ ПОРОДНОГО МАСИВУ НА ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЯХ.....	57
5.1. Вибір методу фізичного моделювання.....	57
5.2. Основні положення теорії подоби.....	58
5.3. Методика вибору, приготування та встановлення фізико-механічних властивостей матеріалу.....	62
5.4. Методика формування моделей та проведення спостережень.....	64
Висновки за розділом.....	74
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

ВСТУП

На сьогоднішній день в структурі національного паливно-енергетичного комплексу в якості основних джерел енергії провідне місце займають геологічні паливно-енергетичні ресурси.

Для України вугілля виступає єдиним вітчизняним енергоносієм, яке дозволяє повністю перекрити внутрішні потреби у цьому виді палива, воно є стратегічним джерелом забезпечення енергетичної безпеки країни.

Специфічною частиною шахтного комплексу, що значно відображається на собівартості вугілля, є мережа підземних гірничо-технічних об'єктів, де досить вагоме місце займають протяжні магістральні виробки – транспортні артерії будь-якого вуглевидобувного підприємства, від надійного і безпечного функціонування яких залежить ефективна робота всього підприємства.

Актуальною проблемою даного напрямку є вибір і обґрунтування раціональних способів забезпечення стійкості протяжних гірничих виробок.

Рішення даної проблеми повинно забезпечуватись за рахунок використання комплексного підходу, що має включати шахтні, лабораторні та аналітичні методи досліджень.

Таким чином, дослідження закономірностей деформування неоднорідного масиву порід навколо гірничих виробок в складних гірничо-геологічних умовах є актуальним науково-практичним завданням, що має важливе значення для гірничовидобувної галузі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

1.1. Стан видобувної промисловості

Основними джерелами енергії на сьогодні є геологічні паливно-енергетичні ресурси: нафта, вугілля, газ, горючі сланці, торф, уран, тощо. На їхню частку доводиться 93% виробляємої у світі енергії. Останні 7% забезпечуються використанням поновлюваних джерел енергії. За цих умов сучасний розвиток світової енергетики значною мірою залежить від ступеня освоєння людством геологічних паливно-енергетичних ресурсів. При цьому на протязі минулого століття і дотепер загальний об'єм виробництва та освоєння первинних джерел енергії постійно зростає.

Зараз видобуток енергетичних корисних копалин сконцентрований в трьох провідних країнах – США, Росії і Китаї. В цілому на їх долю доводиться близько 40% від усієї мінеральної сировини, що видобувається [1].

Серед геологічних паливно-енергетичних ресурсів, сукупний обсяг яких оцінюється в 6,3 трлн. тон умовного палива, самі великі запаси належать твердому паливу (3,9 трлн. т.у.п.), основною складовою якого є вугілля.

В той же час сучасний стан світової енергетики характеризується низкою суперечливих особливостей.

По-перше, це пов'язане з нерівномірністю розміщення геологічних енергетичних ресурсів по регіонах земної кулі.

По-друге, це нерівномірність споживання енергетичних ресурсів по регіонам. У результаті економічно розвинені країни, забезпечені найменшою кількістю сировини, споживають близько 80% енергоресурсів, що добуваються і виробляються у світі.

По-третє, у світі існує різка диспропорція між обсягом різних видів палива в розвіданих запасах та їхніх часток у виробництві енергії. Зокрема, нафта та газ забезпечують 61% світового виробництва енергії, хоча на них

доводиться лише 26% розвіданих запасів, а вугілля, при найкращій забезпеченості доведеними запасами (63%), виробляє лише 25% енергії (рис. 1.1, рис. 1.2). Даний факт стає ще більш актуальним у зв'язку з обмеженістю і невідновлюваністю енергоресурсів з нафти та газу.

Відносно вугільної забезпеченості більш ніж 80% вугільних запасів зосереджено в Північній Америці, Азіатсько-Тихоокеанському регіоні та країнах СНД. Дев'ята частина світових запасів вугілля зосереджена в Китаї, шоста – в Росії [2].

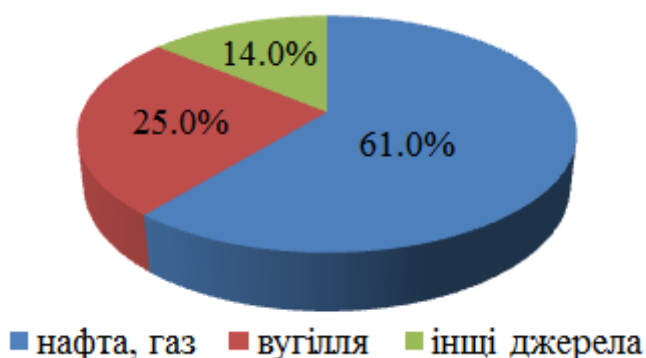


Рис. 1.1. Діаграма участі різних видів палива та їхніх часток у світовому виробництві енергії

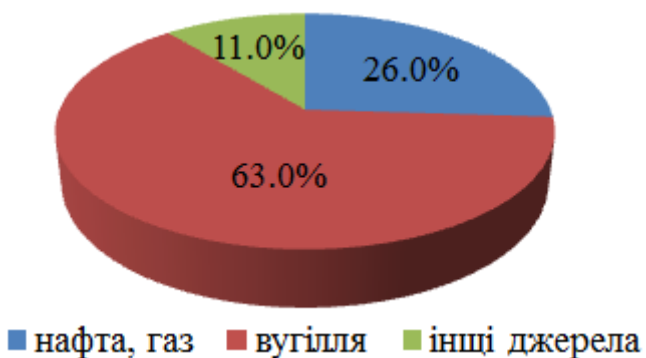


Рис. 1.2. Діаграма обсягу різних видів палива в розвіданих світових запасах

Основними імпортерами вугілля виступають країни Західної Європи (близько 160 млн. т) і АТР (більше 200 млн. т, у т.ч. Японія – 130 млн. т, Південна Корея – близько 50 млн. т і Тайвань – близько 20 млн. т).

Провідними експортерами вугілля є Австралія, США, ПАР, Колумбія, Венесуела, Індонезія, Канада, Китай, Польща й Росія. Поставками із цих країн забезпечується більше 90% світових імпортних потреб.

У результаті всіх вищевказаних факторів, стан і перспективи розвитку світової енергетики значно залежать від її ресурсної забезпеченості. При цьому вугілля займає одне з ключових місць, являючись альтернативною тимчасовою ланкою між використанням небезпечної атомної енергії та більш екологічними поновлювальними джерелами.

Оскільки більш ніж 60% запасів вугілля потребують підземної розробки, проблеми вуглевидобутку залишаються досить актуальними.

Серед головних проблем вугільної галузі слід зазначити наступні.

Збитковість вугільної промисловості. Вугільна промисловість в усьому світі сама по собі є збитковою і дотаційною сферою, для стабільного існування якої необхідні грошові вливання з боку держави. Зниження цін на вугілля знижує рентабельність видобутку і виробництва вугілля. Особливо яскраво цей факт знайшов відбиття в економічно нестабільних країнах. Так, наприклад у Росії було припинено діяльність приблизно 2/3 вугільних розрізів [3].

Травматизм на підприємствах. Як наслідок, у зв'язку з недостатньою забезпеченістю вугільної промисловості деяких країн, а отже і різкому зменшенні надходжень до фондів з охорони праці, зростає травматизм і аварійність на підприємствах вугільної промисловості. Найбільш проблемними країнами в цьому плані є Китай, Україна, Росія [3, 4].

Екологічні проблеми. Видобуток вугілля супроводжується незворотними негативними наслідкам екологічного характеру: викидами парникових і радіоактивних газів і аерозолів, мінералізацією підземних і поверхневих вод, збільшенням кількості й масштабності териконів, тощо.

Незважаючи на всі існуючі проблеми, вугільна промисловість у сучасному світі зберегла роль важливої базисної галузі економіки багатьох

країн. Значення вугілля як одного з основних типів енергоносіїв обумовлено дією наступних факторів:

1. Споживачі зацікавлені в безумовному збереженні стабільності енергетичної бази і різноманітності альтернативних джерел енергетичної сировини. Показник забезпеченості поточного рівня споживання готовими до експлуатації запасами вугілля – один з найбільш високих серед всіх корисних копалин.

2. Можливість для експортерів вугілля працювати на різних ринках збуту. Крім того, у випадку проблем зі збутом продукції на одному із цих ринків експортери завжди можуть перемкнутись на інший споживчий ринок або в національне споживання.

3. Дешевизна вугілля, в порівнянні з вартістю прямих заміників та стабільність цін, що забезпечує для споживачів зручність планування витрат.

Згідно прогнозу “Energy Information Administration” (Міністерство енергетики США) споживання первинних енергоносіїв у світі до 2020 року зросте в порівнянні з поточним рівнем на 65%. Тверді види палива, зокрема вугілля, залишаться основними джерелами енергії [5].

На перспективу до 2020 року міжнародні експерти не очікують істотного зниження ролі вугілля як одного з найважливіших енергоносіїв. Більше того, за рахунок досить імовірного скорочення темпів росту споживання нафти та нафтопродуктів і перегляду відношення до розвитку атомної енергетики в багатьох країнах може мати місце деякий ріст його частки в структурі енергоспоживання.

Як приклад, на рис. 1.3 наведено приблизну частку використання вугілля для вироблення електроенергії різними країнами.

Провідними споживачами вугілля в Азії й світі як і раніше залишаться Китай і Індія. До 2020 року на частку Китаю та Індії буде доводитися 33% приросту світового енергоспоживання і 90% збільшення використання вугілля у світі. Експерти Міністерства Енергетики США вважають, що вугілля в цих країнах залишиться конкурентоспроможним у порівнянні з іншими видами

палива завдяки низьким витратам видобутку і тарифам на його транспортування.

У Канаді збільшення споживання вугілля пов'язують із виводом з експлуатації після 2010 року значної частини потужностей АЕС, які замінюються вугільними ТЕС. В Японії намічено ввести до 2020 року не менше 10 ГВт потужностей вугільних станцій нового покоління. Очікується також помітний приріст споживання в Бразилії і Південній Кореї.

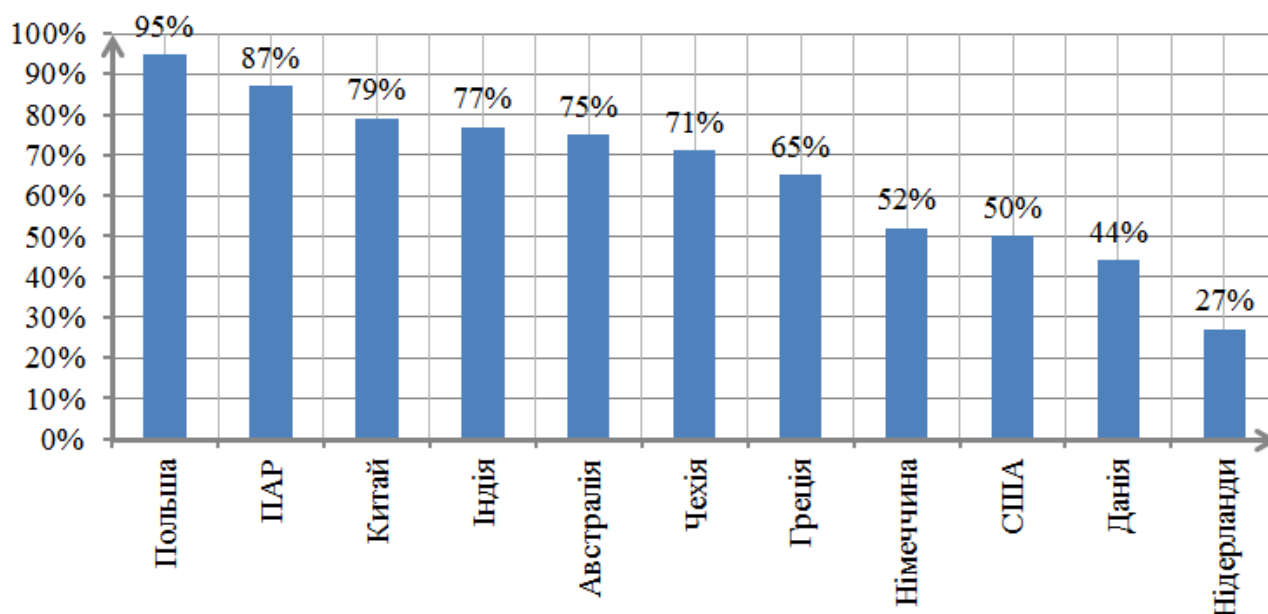


Рис. 1.3. Частка використання вугілля в електроенергетиці різних країн світу

Не виключенням є і Україна, для якої вугілля виступає єдиним вітчизняним енергоносієм [6, 7], який дозволяє повністю перекрити внутрішні потреби у цьому виді палива.

1.2. Аналіз критеріїв оцінювання гірничотехнічних об'єктів

Основним засобом забезпечення стійкості підземних гірничих виробок є зведення кріплення. Кріплення перебуває в складній взаємодії з навколишніми породами і повинно розглядатися як складова частина єдиної системи

«кріплення-масив», стан якої визначається геомеханічними процесами, викликаними проведенням виробки. Параметри взаємодії цієї системи – епюра зміщень і тиску на контакт кріплення та масиву – є геомеханічними параметрами кріплення (податливість та несуча здатність кріплення) [8].

Рішення проблем, пов'язаних з важкими наслідками проявів гірського тиску у виробках глибоких шахт, можливе на основі застосування ефективних способів керування деформаційними процесами в оточуючому виробку породному масиві. Це, в свою чергу, вимагає обґрунтування відповідних критеріїв, раціональної області застосування тих чи інших засобів підтримання стійкості виробок.

Одним із важливих питань досліджень є встановлення меж проведення гірничих робіт, коли виникають суттєві проблеми при будівництві та експлуатації виробок. В технічній літературі часто використовують термін «велика глибина», тобто така глибина, нижче якої поведінка породного масиву кардинально змінюється, а забезпечення експлуатаційного стану виробок вимагає проведення спеціальних заходів.

Слід зазначити, що термін «велика глибина розробки» не має чітко встановлених меж – в якості головного критерію для її визначення розглядається рівень напруженого стану породного масиву в залежності не тільки від регіону, але й від конкретних умов експлуатації виробки [9].

Ряд дослідників [9, 10, 11 та ін.] рекомендують для визначення межі «великої глибини» використовувати не конкретний показник (наприклад, глибина чи витрати на підтримку), а деякий безрозмірний параметр, або якісну характеристику стану породного масиву. Так, в роботі [10] «велика глибина» характеризується виникненням зони пластичних деформацій, яка, в свою чергу, визначається співвідношенням глибини, міцності порід, зміщеннями на контурі, реакцією кріплення. Деформаційний процес, як критерій для відношення виробки до категорії «глибоких», рекомендується приймати згідно роботи [9].

Удалим критерієм, що характеризує гірничо-геологічні умови і визначає якісні й кількісні показники геомеханічних процесів що протікають у масиві, є безрозмірний параметр Ю.З. Заславського – $\gamma H/R_c$, як відношення напружень в непорушеному масиві до міцності порід, де γ – об'ємна вага порід, H – глибина розробки, R_c – міцність масиву на одновісний стиск. Цей параметр у різних модифікаціях використовується для оцінки різноманітних геомеханічних ситуацій більшістю дослідників.

За своєю фізичною суттю параметр $\gamma H/R_c$, найбільш точно відображає стан породного масиву в конкретних геомеханічних умовах і витікає з рішення відповідних пружно-пластичних задач, дозволяє класифікувати породний масив за ступенем його стійкості.

Відомі дані про зміщення контуру виробки в залежності від значення параметру $\gamma H/R_c$ (рис. 1.16). В умовах де $\gamma H/R_c > 0,3$ породні оголення нестійкі, зміщення покрівлі та бортів більше 200 мм, здимання порід підосви носить катастрофічний характер.

Узагальнення та результати досліджень О.М. Шашенка, О.О. Сдвижкової, О.В. Солодянкіна, А.М. Роєнка та ін. дозволяють використовувати величину, що є зворотною показнику Ю.З. Заславського – комплексний показник умов розробки:

$$\theta = R_c k_c / \gamma H \quad (1.1)$$

де k_c – коефіцієнт структурного послаблення.

Як було встановлено раніше, параметр θ показує гарний функціональний зв'язок з розмірами зони зруйнованих та деформованих порід – зони непружних деформацій (ЗНД), частотою вивалів, величиною здимання порід підосви, а також з величиною витрат на будівництво та підтримання виробок (рис. 1.17) [11]. Значення величин зміщення породного контуру та відповідні їм показники умов розробки наведені в табл. 1.5.

Категорії порід за стійкістю

Категорії порід за стійкістю	Зміщення контуру виробки, мм	$\theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H}$
Стійкі	До 50	більше 1,67
Середньої стійкості	50-200	1,0-1,67
Нестійкі	200-500	0,67-1,0
Сильно нестійкі	більше 500	менш 0,67

Є думка, що межею великих глибин розробки для виробок, що знаходяться поза зоною впливу очисних робіт, є величина комплексного показника умов розробки $\theta = R_c k_c / \gamma H = 1,0$.

Характер протікання механічних процесів у масиві визначається виникаючими в ньому напруженнями та фізико-механічними властивостями порід. До проведення виробки в масиві існує природне поле напружень, що визначається в основному дією гравітаційних сил. У цьому випадку вертикальна компонента поля напружень дорівнює γH , а горизонтальна – $\lambda \gamma H$, де λ – коефіцієнт бічного розпору.

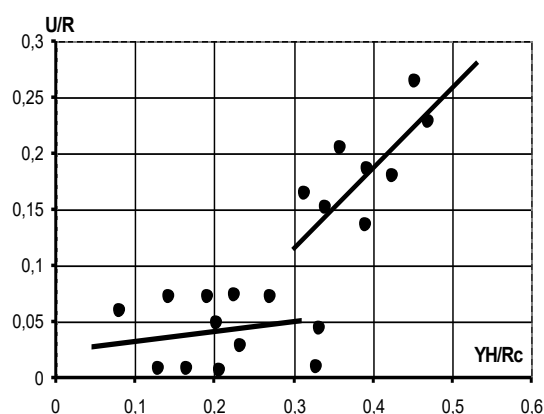


Рис. 1.16. Залежність відносних зміщень контуру виробки и/а від параметра $\gamma H / R_c$ (а – половина лінійного розміру виробки)

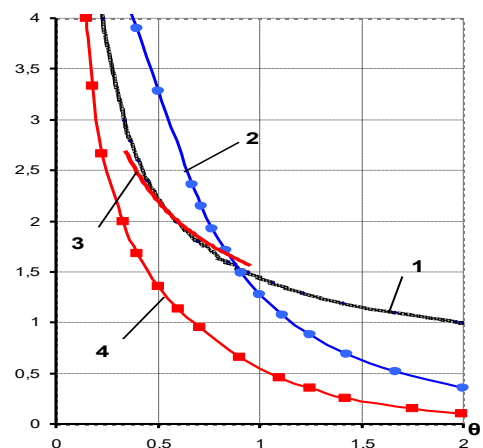


Рис. 1.17. Залежність геомеханічних та експлуатаційних показників від θ : 1 – розміри ЗНД; 2 – можливість здимання порід; 3 – частота вивалоутворення; 4 – вартість підтримання 1 п.м. $C_{рам} / C_{пр}$

При проведенні виробок у вміщуючому її масиві відбувається перерозподіл напружень відповідно до законів механіки суцільного середовища. При цьому залежно від співвідношення величин виникаючого напруження і механічних властивостей порід можливе протікання двох типів деформаційних процесів:

– масив деформується пружно або в ньому виникають деформації повзучості, що не призводять до руйнування порід (напруження не перевищують тривалої міцності порід);

– масив деформується з руйнуванням порід, і навколо виробки виникає ЗНД (діючі напруження перевищують міцність порід).

Наявність вищевказаних двох типів деформаційних процесів підтверджується як теоретичними, так і експериментальними дослідженнями проведеними раніше.

Аналіз теоретичних рішень показує, що пружні деформації викликають незначні зміщення контуру породного оголення і виробка в цьому випадку може експлуатуватися без несучого кріплення. У випадку створення ЗНД рівновага системи «кріплення-масив» настає при певних зміщеннях контуру виробки та опорі кріплення, причому, чим більше податливість кріплення, тим менший опір від нього потрібен.

Спираючись на сучасне уявлення про геомеханічні процеси, що протікають навколо виробки та існуючі механізми взаємодії системи «кріплення-масив» для різних гірничо-геологічних умов, можна виділити два основних режими роботи кріплення у цій системі: режим заданого навантаження і режим взаємовпливаючої деформації.

Зазначені вище режими можуть змінюватися і комбінуватися. Так, спочатку кріплення може підтримувати тільки породи покрівлі що відшарувалися і працювати в режимі заданого навантаження, а потім, у зв'язку з наростанням деформацій шарів, перейти в режим взаємовпливаючої

деформації. При великій податливості кріплення режим взаємовпливаючої деформації може перейти в режим заданого навантаження.

Для кріплення, що працює в режимі заданого навантаження, єдиним геомеханічним параметром є його несуча здатність.

Для кріплення, що працює в режимі взаємовпливаючої деформації, основними параметрами є податливість і несуча здатність, які можна одержати, розрахувавши можливі зміщення контуру при певному опорі кріплення.

Вибір режиму взаємодії кріплення з оточуючим його масивом порід є досить складною і унікальною науково-технічною задачею, оскільки треба не тільки раціонально підібрати засоби забезпечення стійкості для конкретної виробки, навіть для умов одного й того ж горизонту, але й оперативно реагувати на постійні зміни геології за трасою виробки та безперервно проводити моніторинг стану, як виробки, так і породного масиву.

Висновки за розділом

Виконано аналіз паливно-енергетичного комплексу з урахуванням частки вугілля, сучасної проблематики галузі та перспектив.

Розглянуто стан видобувної промисловості в Україні і в світі.

Проведено аналіз критеріїв оцінювання гірничотехнічних об'єктів.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ УМОВ ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ДОНБАСІ

2.1. Основні відомості

Вуглевидобувний регіон Центрального Донбасу є одним з основних джерел забезпечення України вугіллям, яке використовується як в промисловості, так і господарських цілях, а також дозволяє більш ніж на половину покрити внутрішню потребу в паливно-енергетичних ресурсах, забезпечуючи тим самим економічну незалежність від зовнішнього ринку.

Найбільш характерним для цього регіону є ПАТ «Шахтоуправління «Покровське», що входить до групи ДОНЕЦЬКСТАЛЬ [12].

Рішення проблем, пов'язаних з впливом підвищеного гірського тиску в умовах складної гірничо-геологічної і гірничотехнічної ситуації, можливе на основі застосування ефективних способів керування деформаційними процесами в оточуючому виробку масиві.

Це, в свою чергу, вимагає обґрунтування відповідних рішень, критеріїв, раціональної області застосування тих чи інших способів підтримки виробок, що не можливо виконати з достатньою достовірністю без попереднього проведення комплексного аналізу стану характерних гірничих виробок, як для проблемного регіону в цілому, так і для конкретних умов шахти (блоку, горизонту, крила, тощо).

Такий аналіз повинен включати аналіз гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов видобутку вугілля, обробку статистичної інформації, а також результати моніторингу стану виробок.

2.2. Гірничо-геологічні умов видобутку

Шахтоуправління «Покровське», працює з 1990 року [12]. Шахтне поле відкрито центрально-здвоєними головним і допоміжним стволами, повітряподаючими стволами №1 та №2 і вентиляційним стволом з організацією основного відкаточного горизонту на глибині 593 м, дренажним вентиляційним горизонтом 708 м та горизонту 815 м. Розміри блоків складають 3,5 x 5,0 км (рис. 2.1). Межами шахтного поля є: за підняттям – Криворізьсько-Павлівський скид; за падінням – Котлінський насув; за простяганням – скид №6 і умовна лінія, що продовжує його до Криворізьсько-Павлівського скиду; на півдні – умовна лінія, що проходить через сверловину №2184 і лінія виклинювання пласту до Котлинського насуву.

Розміри шахтного поля: за простяганням – 16 км; за падінням – 6 км.

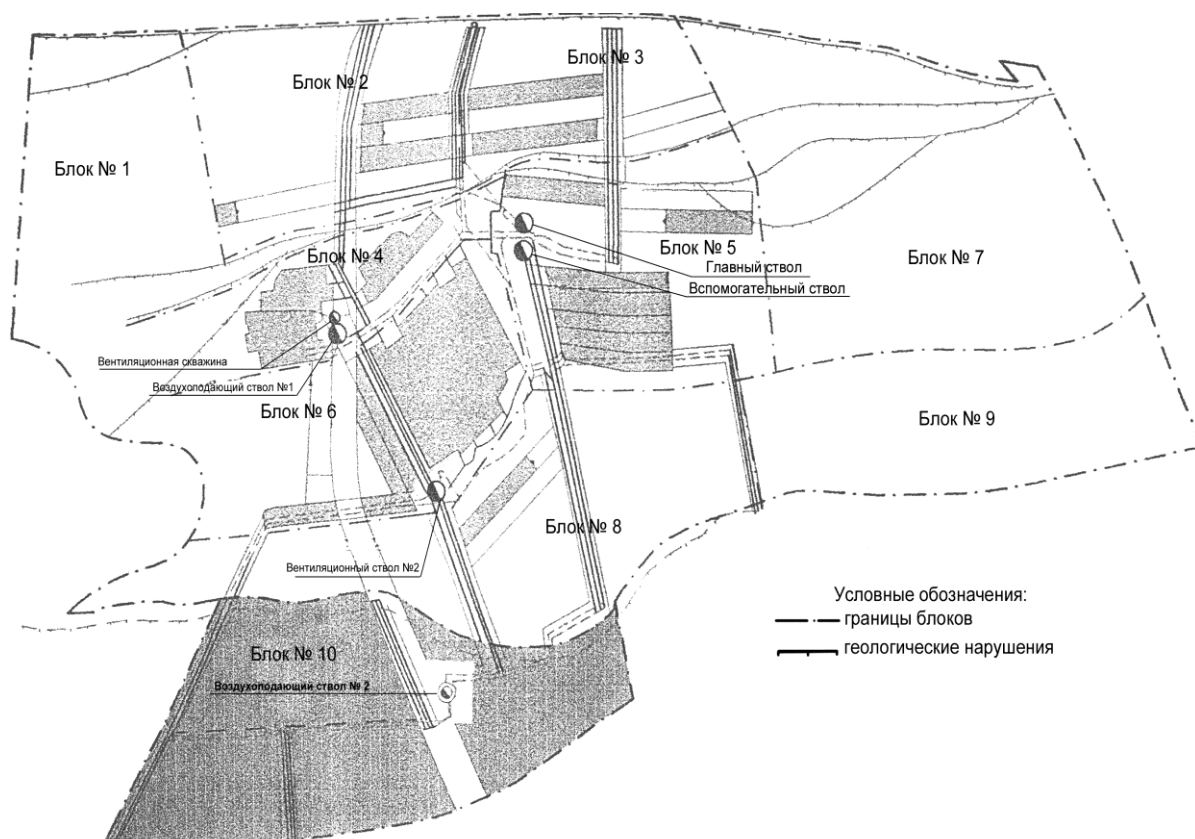


Рис. 2.1. Розбиття шахтного поля «Шахтоуправління «Покровське» на блоки

Поле шахти складено породами свити пластів C_1^4 і C_2^0 , покритими утвореннями третинного і четвертинного віків. Четвертинні відкладення поширені суцільним покривом і представлені суглинками і глинами з вапняними та сланцями. Потужність четвертинних відкладень змінюється в межах від 0 до 59 м, переважно 20 – 30 м. Четвертинні відкладення перекриті ґрунтовим пластом 0,30 – 0,70 м.

Відкладення неогенового віку представлені тонкозернистими пісками від 0 до 38 м, переважно потужністю 15 – 25 м. У нижній частині піски обводнені і здатні до опливання. Вище пісків залягають сарматські суглинки і глини, що іноді переходять у супіски. Потужність сарматських відкладень 4 – 11 м.

Відкладення нижнього карбону свити C_1^4 представлені від вапняку D_4 (Петропавлівського) до вапняку E_1 і складені пластами пісковиків, піщаними і глинистими сланцями, що вміщають вугільні пласти; переважають піщані сланці та пісковики.

Вапнякових пластів у ґрунті міститься до 21, вугільних прошарків – до 27. За загальним літологічним характером вся товща досить однотипна. Лише в інтервалі вапняків майже немає вугільних пластів, а в нижній частині відсутні потужні пісковики. Горизонтами, що маркірують свити, служать вапняки D_1 , $D_1^2н$, $D_1^2в$, $D_1^5в$, D_2 та D_3 .

Свита C_3 розкрита не цілком і від вапняку E_1 до E_2 представлена піщаними сланцями, рідше глинистими пісковиками, вапняками і вугіллям.

У цій товщі вугільні пропластування малопотужні і невитримані як за потужністю, так і за поширенням. Переважають піщанисті породи – піщані сланці і пісковики.

У тектонічному відношенні поле шахти розташоване в центральній частині геологічно-промислового району між Котлинським насувом на сході і Криворізько-Павловським скидом на заході. Площа ділянки являє собою дуже

пологу антиклінальну складку, витягнуту вздовж Криворізько-Павловського скиду майже в меридіанному напрямку.

Внаслідок підняття і занурення складки антикліналей розпадаються на більш дрібні куполоподібні структури.

Зони дрібнення чи насувів скидів часто складаються із серії дрібних зсувів, площини скидів яких мають різне падіння під різними кутами. Дрібні тектонічні порушення послаблюють стійкість покрівлі і подошви, сприяють засміченню вугілля побічними породами.

Промислова вугленосність на полі шахти пов'язана з відкладеннями свит C_1^4 та C_1^5 нижнього карбону. З 27 вугільних пропластунів, що знаходяться в цьому полі, тільки один пласт d_4 має витриману робочу потужність. На окремих незначних ділянках робочої потужності досягає пласт d_6^1 (невитриманий). Потужність інших пластів не перевищує 0,40 м.

Пласт d_4 характеризується простою і складною будовою. Загальна потужність пласту коливається від 0,75 до 1,90 м, рідко до 2,00 м. Зменшення потужності пласту відбувається в північному напрямку поступово, у південному – різко. Характерна потужність пласту для північної половини поля – 0,90 м, для південної – 1,50 м. Проста будова пласта відзначається в північно-східній частині шахтного поля. Потужність вугільної пачки тут змінюються від 0,75 до 1,60 м.

У західній і південній частинах поля пласт складається з двох пачок. Потужність верхньої пачки змінюється від 1,00 м до 1,40 м, нижньої – від 0,05 до 0,55 м. На окремих ділянках кількість глинистих пропластунів настільки велика, що нижня пачка через високу зольність втрачає промислове значення.

Місцями потужність окремих прошарків сланцю зростає від 0,03 до 0,04 м, розщеплюючи пласт на дві, рідше на три і чотири вугільні пачки: верхню потужністю 0,55 – 1,65 м, середню – 0,10 – 0,20 м і нижню – 0,10 – 0,35 м. У західній частині поля також спостерігаються різкі коливання не тільки потужності, але й будови пласту на досить коротких відстанях

(300 – 500 м). Потужність пласту змінюється від 0,80 – 0,90 м до 1,90 – 2,00 м, будова – від простого до складного: двох-, трьох- і чотирьох-пачкового.

Пласт d_1^6 залягає на 220 – 230 м вище пласта d_4 . Робочої потужності пласт досягає на невеликих відособлених площах і промислового значення не має.

Вугілля пласту d_4 є коксівним, марки ГЖ і частково ОС. На всій площі поля вугілля містить мало сірки, в середньому 0,8%. Зольність пласту коливається і поступово збільшується від центру до периферії.

Збагачуваність вугілля на площі шахтного поля неоднакова. У західній та південно-західній частинах, де пласт складається з різних за якістю пачок, зольність вугілля коливається від 16 до 29%.

За даними досліджень, вугілля має важку і дуже важку збагачуваність. У центральній частині поля, де вугілля пласту однорідне, а його зольність не перевищує 8%, збагачуваність вугілля легка. Вугілля шахти є коштовною сировиною для коксування.

Підземні води на полі шахти відносяться до відкладень кам'яновугільного, четвертинного та неогенового віків. Води сильно мінералізовані (сухий залишок складає 4 – 5 г/л), тверді (загальна твердість складає 25 – 32 ммоль/дм³). За даними геологічного висновку очікуваний водоприток у шахту складе 400 м³/год. при повному розвитку гірничих робіт.

Гідрогеологічні умови пласта d_4 в цілому складні. При цьому найбільш тривалі водопритоки, як показали спостереження, будуть з пісковиків.

За хімічним складом підземні води відносяться до хлорид-сульфатно-кальцієвого типу з мінералізацією 1,9 – 3,3 г/л, лужні і слаболужні з рН-8, 3,5-7,7. Загальна твердість змінюється від 20 до 32,94 ммоль/дм³. Усі води спінуються і при кип'ятінні відкладають велику кількість осаду.

Висновки за розділом

Виконано аналіз умов видобутку вугілля в Центральному Донбасі.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

3.1. Огляд існуючих методик та вибір об'єкту досліджень

На сьогодні для розуміння природи та характеру проявів гірського тиску існує низка відносно ефективних засобів, серед яких найбільш вдалим є аналітичні дослідження, фізичне моделювання та проведення шахтного моніторингу, що включає натурні вимірювання. Всі ці засоби мають свої переваги та недоліки, однак натурні виміри дозволяють отримати більш точні та правдиві, наближені до реальних шахтних умов, результати, оскільки дозволяють встановити фактичну величину зміщення гірських порід, як на контурі виробки, так і в глибині масиву, а також навантаження на кріплення – прямими методами, шляхом встановлення динамометричних станцій, або через співставлення базового паспортного (еталонного) та фактичного стану кріплення, яке деформується в часі під впливом гірського тиску.

Це дозволяє більш достовірно розуміти процеси, що протікають в породному масиві навколо виробки, що в свою чергу дає змогу обґрунтувати ефективні напрями забезпечення її стійкості за рахунок всебічного комплексного підходу. Такий підхід має включати не тільки загальний, але й локальний аналіз проявів гірського тиску, зокрема в районі мілкоамплітудних геологічних порушень. Крім цього, моніторинг виробки створює умови для наступної верифікації розрахункових моделей, що дозволяє з більшою достовірністю передбачати процеси, які протікають в породному масиві.

Таким чином, об'єктом досліджень на даному етапі є деформаційні процеси в оточуючому виробку масиві, що викликані її проведенням. Найбільш достовірні параметри цього процесу можливо отримати на основі проведення шахтного моніторингу стану виробки, що включає візуальні та інструментальні спостереження за стійкістю системи «кріплення-виробка-масив».

Граничні значення фізико-хімічних властивостей порід покрівлі та
підшови пласта d_4

Положення	Породи	Щільність, г/см ³ , від-до / середнє		Межа міцності, $n \times 10^5$, Па, від-до / середнє				Кут внутрішнього тертя
		Хибна	Дійсна	На стиск		На розрив		
				Звичайна	Після водонасичення	⊥ нашарування	∥ нашарування	
Основна покрівля	Аргіліт	2,26- 2,66/2,6 1	2,56- 2,8/2, 67	198- 682/343	222	—	30- 60/42	—
	Алевроліт	2,44- 2,72/2,6 2	2,62- 2,82/2, 79	320- 1514/501	120- 528/279	11- 65/29	29- 163/9 4	24,5- 50,5/3 6
	Пісковик	2,0- 2,8/2,54	2,59- 2,82/2, 71	472- 2156/795	138- 1372/605	16- 92/37	20- 179/5 7	2,8- 52,5/4 4
	Вапняк	2,8	2,82	1548- 1637/1593	—	—	—	—
Безпосередня покрівля	Аргіліт	1,42- 2,6/2,03	2,34- 2,85/2, 64	209- 302/257	199	—	36- 66/51	—
	Алевроліт	2,19- 2,74/2,6 4	2,45- 2,87/2, 75	246- 950/513	97- 708/291	18- 66/33	25- 133/6 5	29,5- 47,5/4 0

Положення	Породи	Щільність, г/см ³ , від-до / середнє		Межа міцності, n x 10 ⁵ , Па, від-до / середнє				Кут внутрішнього тертя
		Хибна	Дійсна	На стиск		На розрив		
				Звичайна	Після водонасичення	⊥ нашаруванню	∥ нашаруванню	
Підощва	Пісковик	2,16- 2,70/2,5 2	2,6- 2,86/2 ,72	380- 1331/627	195- 872/509	29- 60/36	9- 132/5 2	39- 47/44
	Аргіліт	2,57- 2,79/2,6 6	2,67- 3,04/2 ,82	79- 745/372	116- 207/189	—	33- 56/44	40- 41/40, 5
	Алевроліт	2,52- 2,69/2,6	2,63- 2,81/2 ,72	133- 744/320	79- 341/177	—	11- 62/44	44,5
	Алевроліт	2,38- 2,76/2,5 8	2,63- 2,8/2, 68	189- 938/528	62- 794/338	15- 76/32	33- 100/5 5	28- 50,5/3 7
	Пісковик	2,14- 2,68/2,3 8	2,21- 2,78/2 ,63	202- 1999/593	214- 1058/484	14- 56/29	9- 165/4 3	27- 53/43

3.2. Обґрунтування методики шахтних досліджень

Головним критерієм при проведенні візуальних та інструментальних досліджень повинна бути практична ефективність прийнятої методики, яка буде поєднувати відносну простоту виконання робіт та високу достовірність отриманих даних. Існує значна науково-практична база проведення шахтних досліджень параметрів геомеханічних процесів навколо гірничих виробок,

результати яких наведені в багатьох роботах. На погляд автора, найбільш вдалою є методика ІГД ім. А.А. Скочинського та Національного технічного університету «Дніпровська Політехніка».

Методика проведення шахтних досліджень включає:

1. Візуальне обстеження стану виробок та породного контуру, для поточної оцінки їх стійкості та отримання динаміки стану об'єкту, перед яким виконується збір та обробка інформації про виробку (табл. 2.4) [10]. Безпосередньо у виробці виконується попікетне обстеження за формою, що наведена в табл. 2.5.

Таблиця 2.4

Витяг з відомості контрольної виробки

№	Вихідні дані	
1.	Найменування виробки	пласт
		лава
		тощо
2.	Довжина виробки	-
3.	Площа перерізу	в проходці
		чорні
		світлі
4.	Глибина закладення(для похилих)	гирло / вибій
5.	Кріплення за паспортом	типорозмір
		вид кріплення
		шаг установки
		кількість та довжина анкерів
		вид затягування
		тощо
6.	Довжина пікету	-
7.	Паспортні засоби охорони	-
8.	Повторне використання	-

№	Вихідні дані	
9.	Кріплення примикання інших виробок	-
10.	Викопіровка з плану гірничих робіт з місцем розташування виробки	-
11.	Гірничо-геологічні умови по трасі виробки	фактичний та прогнозний геологічний переріз по трасі виробки
12.	Положення очисного вибою	-

Таблиця 2.5

Загальні вимоги до оцінки стану контрольної виробки

№	Моніторинг	Особливості
1.	Загальний стан виробки на пікеті	<p>а. Загальна якісна оцінка стану виробки на пікеті;</p> <p>б. Наявність особливостей, що впливають на стан ділянки – геологічні порушення, над- та підробітка, водопроявлення, примикання, проведення в зоні розвантаження та ін.;</p> <p>в. Загальна кількість рам на пікет / кількість деформованих рам на пікет;</p> <p><i>До рам в незадовільному стані слід відносити ті, де простежується не менше двох наступних дефектів:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – значні деформації верхняка; – деформації стоїк, зведення стоїк в сторону виробки; – деформація чи розрив замків, зрив гайок на замках;

№	Моніторинг	Особливості
		<p>– значні деформації затягування; просадка верхняка в замках більше паспортного значення;</p> <p>– розрив тіла верхняка і стійки.</p> <p>г. Наявність і характер кріплення посилення, положення та протяжність підкріпленої ділянки.</p>
2.	Прояви гірського тиску на пікеті	<p>а. Найбільш характерні зміщення, їх величина (вертикальна і горизонтальна конвергенція);</p> <p>б. Наявність, характер та величина здимання порід підшви;</p> <p>в. Наявність та кількість перекріплення, використані матеріали з перекріплення, час ремонту з моменту обстеження;</p> <p>г. Характерна поведінка порід в оголенні (наявність систем тріщин, осипання, обрушення, опускання, розпадання на блоки, та ін.).</p>
3.	Стан рамного кріплення	<p>а. Стан елементів рам (верхняка, стійки), характерні види деформацій та ступінь просадки в замках (при значних просадках – їх величина);</p> <p>б. Наявність необхідної кількості замків та їх стан;</p> <p>в. Наявність та величина пустот (зазорів) між рамою та породним контуром;</p> <p>г. Стан і характер деформування затягування.</p>
4.	Стан анкерного кріплення	<p>а. Відповідність кількості анкерів паспорту кріплення;</p> <p>б. Якість встановлення анкерів – бовтаються чи ні; щільність затягування гайок; бовтання анкера в свердловині / в шпурі; бовтання навколо анкеру опірних плит (шайб) чи підхватів; довжина кінцевиків анкерів та їх стан, тощо;</p>

2. Обладнання контурних замірних станцій за трасою виробки для вимірювання зміщень контуру, їх інтенсивності та характеру в часі.

Замірна станція складається з трьох контурних реперів, що знаходяться в одній площині (рис. 2.2), два з яких встановлені в протилежних бортах виробки на одній осі, на висоті 1,8...2,0 м від підшви виробки (при наявності вугільного пласта – вище нього), а один репер – в покрівлі виробки по її вертикальній осі.

Кожен репер являє собою шпур довжиною 0,5 м стандартного діаметру, в якому за допомогою дерев'яних пробок фіксуються металеві штирі, що одним кінцем виходять у виробку. Кінець реперу, що виходить у виробку, виконується у вигляді крюка для зручності фіксації рівня та умовного замірного горизонту. Також можливе використання кінцевиків анкерного кріплення в бортах та покрівлі виробки у якості проміжних контурних реперних станцій.

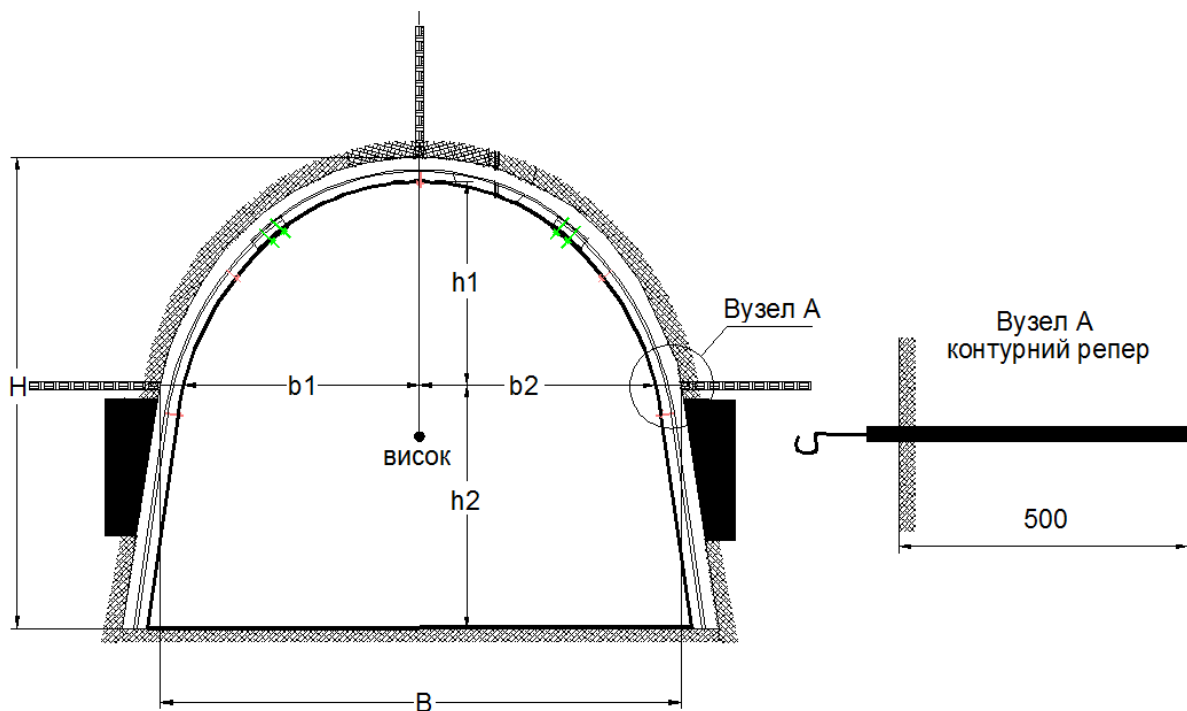


Рис. 2.2. Схема замірної станції обладнаної контурними реперами

Вимірювання виконуються командою з двох-трьох чоловік. При підході на місце вимірювань на верхній репер підвішується висок, а між боковими

реперами натягується умовний горизонт, положення якого перевіряється будівельним рівнем. Якщо відхилення від горизонту виявляється суттєвим, то вимірювання необхідно проводити в два прийоми – спочатку від умовного горизонту, «відбитого» від одного бокового репера, потім від іншого.

У цьому випадку горизонт натягується поперемінно від кожного реперу однією людиною, а друга рівнем контролює горизонтальність джгута з подальшим вимірюванням від верхнього реперу до вимірювального горизонту і від горизонту до підосви виробки. До наступної обробки при такому способі вимірювання приймається середнє значення за двома виміряними.

Для контролю вимірювань ширини виробки (горизонтальної конвергенції бортів виробки) вимірюється відстань між боковими реперами.

Вимірювання на всіх станціях, що знаходяться в одній виробці, повинні виконуватися в один прийом. Отримані результати фіксуються у замірній відомості. Частота проведення вимірювань повинна бути в перші три тижня спостережень не рідше одного разу в три дні. В наступному частота вимірювань може бути повірена з існуючою інтенсивністю деформаційних процесів у виробці та відповідним чином корегуватися.

3. Обладнання глибинних реперних станцій для отримання інформації про поведінку масиву, встановлення основних закономірностей процесу зміщення порід, утворення, формування та просторового розташування зони найбільш порушених порід залежно від глибини розробки, міцності та куту падіння порід, просторової орієнтації виробки, частоти перешарування порід та інших факторів [10, 11, 13].

Як показує практика, для вивчення динаміки та характеру деформування приконтурного масиву порід у виробці є необхідним встановлення замірних пунктів, що складаються з однієї замірної станції глибинних реперів для виробок, що розташовані поза зоною впливу очисних робіт, або двох замірних станцій глибинних реперів, що встановлюються з протилежних сторін в одному перерізі на відстані 1 м від бокової поверхні між прогонами для виробок в зоні впливу очисних робіт.

Для отримання найбільш повної картини характеру деформування приконтурного масиву, замірні станції необхідно встановлювати якомога ближче до вибою, до того як почнуться процеси інтенсивного тріщиноутворення, розшарування порід, тощо.

Оскільки процес обладнання та моніторингу замірних станцій по всій трасі виробки вимагає значних витрат часу і може заважати виконанню робіт прохідницько-експлуатаційного циклу, оптимальним є виділення контрольної ділянки характерної частини виробки протяжністю до 300 м з інтервалом встановлення замірних станцій / пунктів у 10...50 м.

Встановлення замірних станцій проводиться в наступній послідовності:

За допомогою штатного бурового устаткування виконується буріння шпурів / свердловин стандартного діаметру на довжину, що має бути поза зоною найбільш інтенсивного тріщиноутворення – зазвичай приймається рівною 3...4 радіусам виробки, тоді при виконанні вимірювань можна вважати, що найдовший репер має практично нульові переміщення. Далі, на репері якірного типу закріплюється трос, після чого він вставляється в досильник. Досильник являє собою збірний трубчатий стрижень, виготовлений з відрізків металопластикової труби відповідного діаметру, що з'єднуються за допомогою муфт з'єднання. Довжина відрізка труби з муфтою з урахуванням стиковки трубок між собою складає 1 метр, що дозволяє точно контролювати глибину репера. Крім того на секціях досильника наноситься розмірна шкала.

За допомогою досильника з періодичним нарощуванням його довжини шляхом приєднання необхідної кількості відрізків металопластикової труби, якірний репер встановлюється на необхідну глибину.

Після встановлення кожного глибинного репера на його тросі закріплюється бирка з відповідним номером. Номера реперу та глибина його закладення заносяться у відомість. Принципова конструкція глибинної реперної станції якірного типу наведена на рис. 2.3.

По закінченню монтажу всіх реперів на відповідних глибинах проводиться перше вимірювання. Для цього вимірюється різниця між кінцем тросу від першого контрольного глибинного реперу, положення якого вважається незмінним на протязі всього часу вимірювань, і кінцями тросів від інших реперів. Для зручності кінці всіх тросів робляться трохи довшими від контрольного – це дозволяє отримувати постійні значення зміщень зі знаком «+», що спрощує процедуру обробки даних.

Після вимірювання, кінці тросів збираються в один пучок і фіксуються у верхній частині виробки, для виключення зовнішнього впливу на них. Кожне наступне вимірювання виконується за аналогічною методикою.

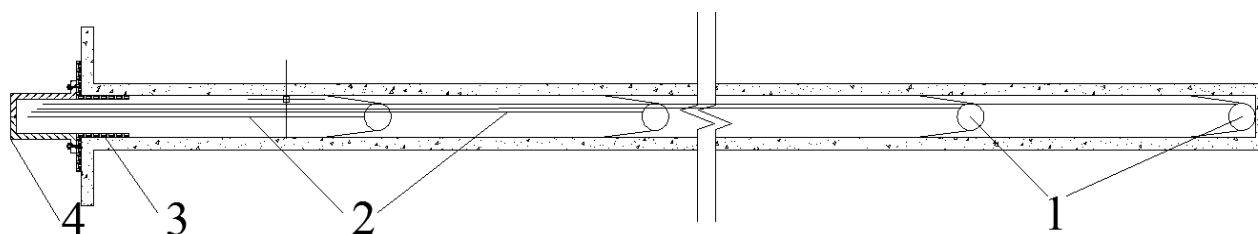


Рис. 2.3. Принципова конструкція глибинної реперної станції: 1 – глибинний репер; 2 – тяги глибинних реперів; 3 – обсадна труба-контур; 4 – кондуктор

3.3. Аналіз результатів моніторингу виробок

Моніторинг протяжних магістральних та суміжних виробок блоку №10 раніше проводився співробітниками НГУ в межах південної частини блоку в діапазоні глибин з 710...880 м.

Значення показника умов розробки θ складають 0,61...0,76, що характеризує масив як нестійкий.

Підтвердженням величини θ є відомий критерій стійкості [11] відповідно до СНиП II-94-80, в основу якого покладені величини зміщення породного контуру незакріплених виробок. Відповідні їм значення показника умов розробки наведені в табл. 1.5.

За результатами проведених шахтних досліджень для гірничо-геологічних умов уклону блоку №10 на базі результатів маркшейдерських вимірювань вертикальної / горизонтальної конвергенції були отримані залежності відносних зміщень контуру виробок $u = U/R_0$ (U – абсолютна величина зміщення контуру виробки, R_0 – півпроліт виробки) від часу її проведення (рис. 2.6).

Результати комплексного моніторингу стану гірничих виробок різного призначення блоку №10 свідчать про наявність істотних проблем, пов'язаних із забезпеченням їх стійкості не дивлячись на постійне проведення робіт та застосування заходів, що спрямовані на підтримку їх проектних показників.

Слід зазначити, що більшість обстежених виробок розташовані поза зоною впливу очисних робіт, однак знаходяться в незадовільному стані, про що свідчать дані про об'єми робіт з усунення наслідків здимання порід підшови та перекріплення ділянок по всій протяжності обстежених виробок.

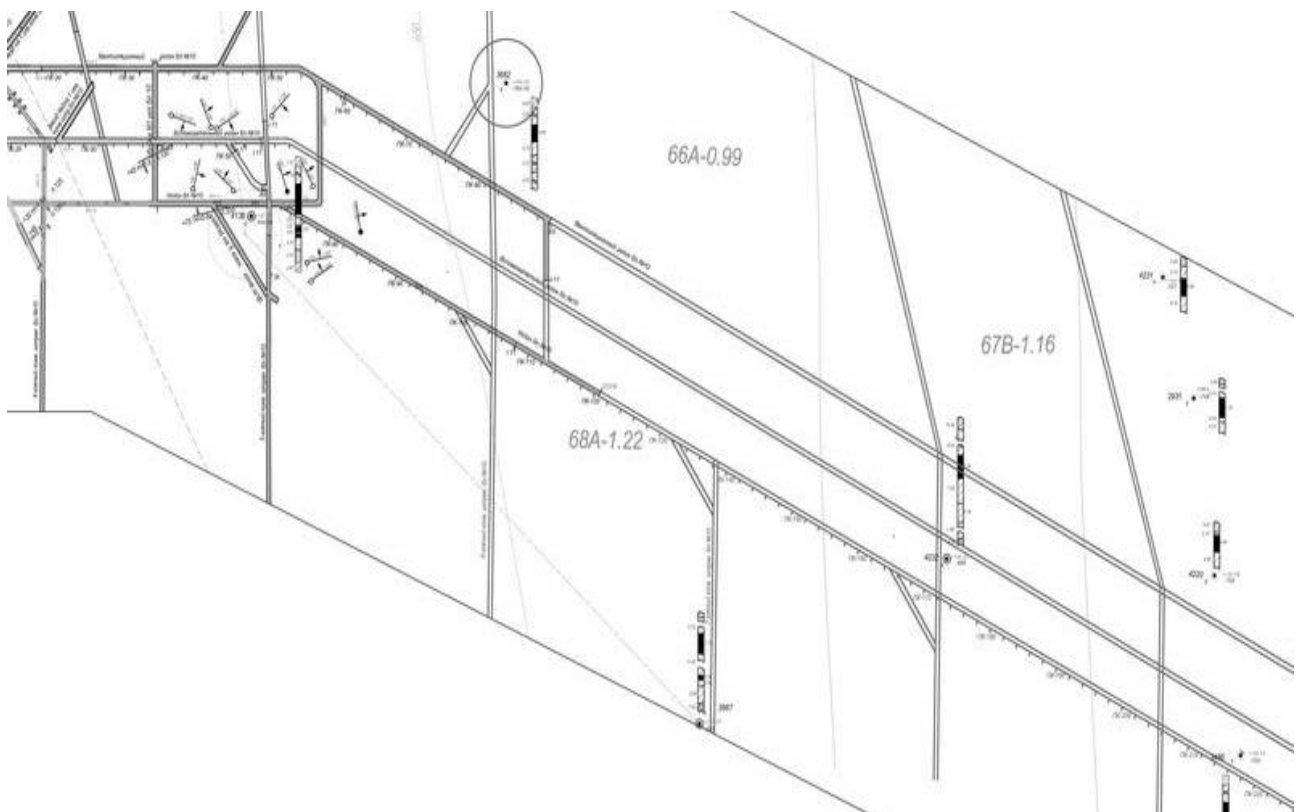


Рис. 2.5. Викопіювання з плану уклінної часини півдня боку № 10

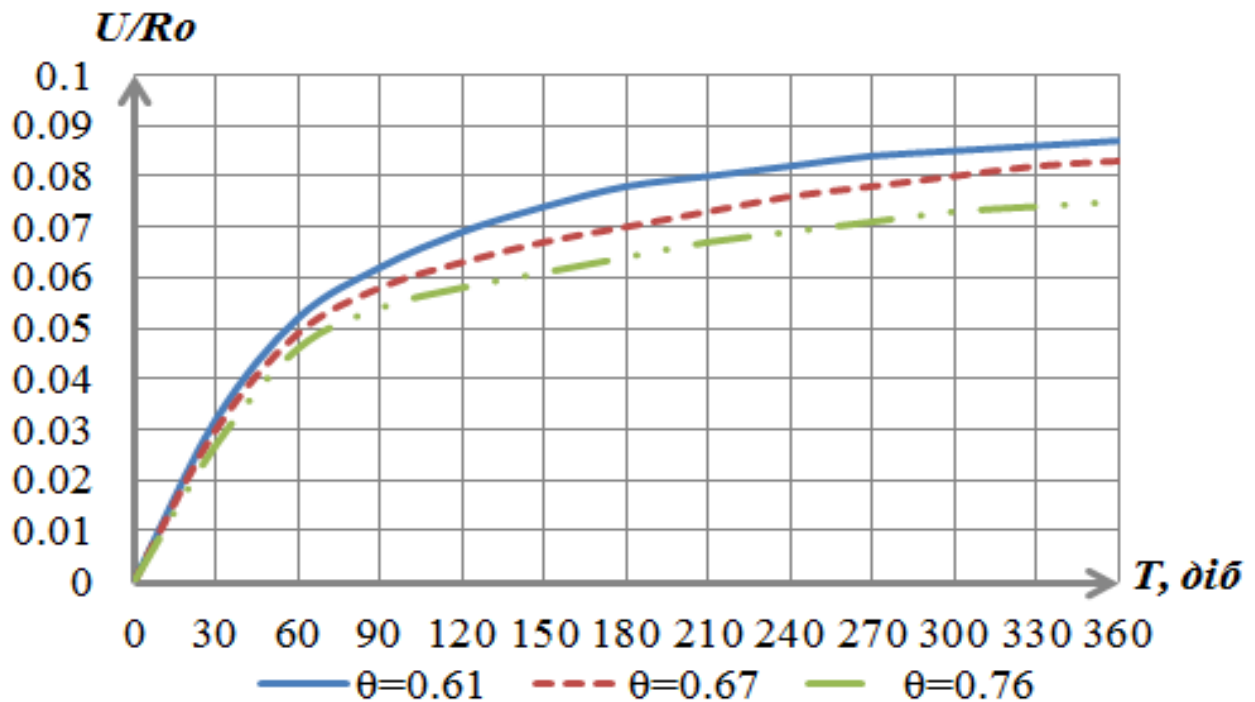



Рис. 2.6. Значення зміщень при різних показниках θ




Різноманітна ступінь деформації гірських порід, елементів кріплення, а також інтенсивність робіт із забезпечення стійкості виробок блоку №10 залежить від основних гірничо-геологічних факторів – глибини закладення виробки, міцності порід та наявності води. Майже всі виробки відчувають підвищений гірський тиск, який візуально проявляється у вигляді:


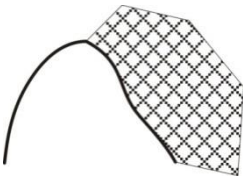
- значної вертикальної та горизонтальної конвергенції внаслідок інтенсивного здимання порід підшви;
- втрати симетрії рамного кріплення;
- деформації рамного кріплення – прогину верхняку, прогину та викручуванні ніжок, руйнуванню затягування та ін.;
- порушенні роботи анкерного кріплення («обігривання» анкерів).




Основний вид деформації порід – здимання порід підшви різної інтенсивності залежно від вказаних вище гірничо-геологічних факторів, яке є причиною зменшення перерізу виробок до незадовільного стану.

Основні прояви гірського тиску по трасі магістральних виробок уклону блоку № 10




ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
Допоміжний бремсберг блоку № 10			
ПК0-16	– ділянка виробки знаходиться в задовільному стані;	– з'явилася незначна вертикальна конвергенція у вигляді симетричного здимання порід підосви;	– здимання порід підосви стало несиметричним з локальним утворенням тріщини до 7 см протяжністю до 10 м і глибиною 0.4-0.7 м;
ПК17-27	– породи в оголеннях сильно перем'яті та зруйновані;	– має місце відшарування та осипання порід покрівлі і бортів;	– // –
ПК28-34 	– породи бортів та покрівлі відколюються та вивалюються з затягуванням в сторону виробки;	– відбувається викручування лівої стійки;	– 1/10 рам значно деформовані;
ПК35-44	– має місце деформація верхняка з симетричним прогином у виробку;	– спостерігається повне руйнування затягування;	– кріплення посилення зруйновано;

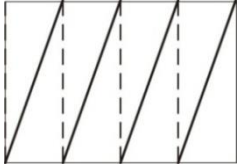
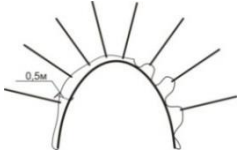
ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> – по осі виробки «пробиті» ремонтини посилення в один ряд; – стійки кріплення завалюються на вибій; – породи на контурі сильно перем'яті та зруйновані; 	<ul style="list-style-type: none"> – породи разом із затягуванням видавлюються у виробку між рамами; 	<ul style="list-style-type: none"> – спостерігаються значні деформації верхняку;
ПК45-48 	<ul style="list-style-type: none"> – є розрив стійки з правого борту; – породи із затягуванням видавлюються в сторону виробки; 	<ul style="list-style-type: none"> – спостерігаються локальні вивали породи з бортів та покрівлі; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається вигинання ніжок; – відмічається значна деформація кріплення – 20%;
ПК49-51 	<ul style="list-style-type: none"> – є здимання порід підосви, яке носить несиметричний правосторонній характер; – помічені значні деформації верхняку; 	<p style="text-align: center;">– // –</p>	<p style="text-align: center;">– // –</p>

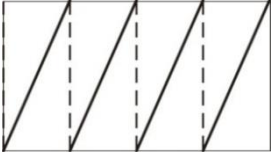
ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
ПК52-61 	<ul style="list-style-type: none"> – на ділянці проявляється тільки правостороннє зди曼ня порід підшви; – близько 50% затягування значно деформовано; 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце незначний прогин верхняку; 	<ul style="list-style-type: none"> – 30% верхняку значно деформовано; – затягування повністю зруйновано / значно деформоване;
ПК62-73 	<ul style="list-style-type: none"> – масив з правого боку сильно зруйнований та перем'ятий; – помічена незначна деформація кріплення; 	<ul style="list-style-type: none"> – кріплення деформовано в 50% випадків; 	<ul style="list-style-type: none"> – кріплення на ділянці деформовано у 100% випадків; – цілісність кріплення порушена у 20% випадків;
ПК74-до вибою	<ul style="list-style-type: none"> – має місце втрата стійкості рам кріплення; – породи розтріскані; 	<ul style="list-style-type: none"> – в 10% випадків рами значно деформовані; 	<ul style="list-style-type: none"> – 20% рам деформовані; – є незначне завалювання кріплення на вибій;

ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
Вентиляційний уклон блоку № 10			
ПК0-28	<ul style="list-style-type: none"> – має місце здимання порід підосви; – втрата перерізу відносно паспортних значень склала 10%; 	<ul style="list-style-type: none"> – на всій ділянці чітко спостерігається деформація зтягування; 	<ul style="list-style-type: none"> – після ремонтних робіт стан виробки в цілому задовільний; – є деформація і руйнування зтягування на всій ділянці;
ПК29-51 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце деформація верхнього замку кріплення; – стійкість виробки забезпечена посиленням з ремонтин; 	<ul style="list-style-type: none"> – помічений розрив гайок та хомутів; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається викручування ніжок; – відбувається втрата симетрії кріплення;
ПК52-72 	<ul style="list-style-type: none"> – є значні деформації стійки кріплення у вигляді прогинання в сторону виробки у 60%; – деформація зтягування сягає 60%; 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце деформація верхняку; – у 70% випадків зтягування значно деформоване; 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце значна деформація та руйнування зтягування; – 80% кріплення значно деформоване;
ПК73-77 	<ul style="list-style-type: none"> – ділянка знаходиться в незадовільному стані; – є здимання порід підосви; 	– // –	<ul style="list-style-type: none"> – рами кріплення у 30% значно деформовані;

ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
ПК78-до вибою	<ul style="list-style-type: none"> – стан ділянки задовільний; – зустрічаються незначні перебори; – затягування зруйновано в межах 20%; – є незначне здимання порід; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається втрата стійкості кріплення в площині; 	<ul style="list-style-type: none"> – є прогин стійки кріплення; – здимання порід стало несиметричним;
Уклон блоку № 10			
ПК0-52	<ul style="list-style-type: none"> – втрата перерізу внаслідок конвергенції склала близько 5%; – 50% затягування деформоване; – кріплення рівномірно обтиснуте породами; – порода покрівлі відшаровується, бортів – перем'ята в районі замків; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається просковзування замків через одну раму; 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце несиметричне правостороннє здимання (на вибій); – деформація і руйнування затягування сягає 60%;
ПК53-56	<ul style="list-style-type: none"> – кріплення рівномірно обтиснуте породами; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається незначне викручування ніжок; 	<ul style="list-style-type: none"> – викручування ніжок стає більш інтенсивним;

ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
	– кріплення в нормальному стані;		– помітна інтенсифікація здимання порід підшви;
ПК57-64 	– має місце капіж з покрівлі, переважно з правої сторони; – є прогини верхняка кріплення; – є провисання порід між рамами;	– з правої сторони (на вибій) відбувається викручування ніжок;	– має місце значна несиметрична деформація верхняка; – помітна інтенсифікація здимання порід підшви;
ПК65-77 	– помітні значні деформації кріплення (верхняка) та порід в оголеннях;	– затягування значно деформоване;	– деформація та руйнування затягування сягає 70%; – має місце втрата симетрії рамного кріплення та прогини верхняка;
ПК78-84 	– відбувається втрата стійкості виробки, у вигляді деформації рамного кріплення та порід; – породи перем'яті по всьому периметру виробки;	– має місце викручування ніжок у виробку та деформація верхняка кріплення по центру рами;	– значна деформація кріплення сягає 70%;

ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
ПК85-93	<ul style="list-style-type: none"> – ліві ніжки завалюються на вибій; – з лівої сторони породи значно перем'яті; – має місце незначне здимання порід; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається осипання відшарувавшихся / зім'ятих порід покрівлі; 	– // –
ПК94-96 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається завалювання кріплення на вибій; – має місце втрата стійкості рам в площині; – з лівої сторони породи розтріскані та просипаються; 	<ul style="list-style-type: none"> – відмічається лівостороння деформація верхняка; 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце втрата симетрії рамного кріплення; – відбувається «обігривання» анкерів; – починає викручувати верхняк і ніжки кріплення;
ПК97-106 	<ul style="list-style-type: none"> – зазори між кріпленням і породним контуром сягають 0,5 м; – відбувається «обігривання» анкерів; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається деформація лівої ніжки кріплення; – має місце викручування ніжок; 	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається втрата стійкості рам в площині відносно осі; – до 70%рам деформовані; – порода між рамами видавлюється у виробку;

ПК/Дата (Характер деформ.)	1	2	3
ПК107-111	<ul style="list-style-type: none"> – відбувається опускання зруйнованих та зім'ятих порід покрівлі і бортів на кріплення; – має місце деформація верхняку та викручування і згинання ніжки; 	– // –	– 100% рам деформовані без поупущення суцільності;
ПК112-115	<ul style="list-style-type: none"> – рамне кріплення в цілому зберігає стійкість; – стан ділянки задовільний; 	– // –	– відбувається видавлювання порід між рамами над замковою частиною;
ПК116-120 	<ul style="list-style-type: none"> – має місце деформація порід в оголенні з лівої сторони; – ліві стійки завалюються на вибій; 	– відбувається видавлювання порід між рамами;	<ul style="list-style-type: none"> – має місце деформація та прогин верхняку; – все кріплення завалюються на вибій; – до 80% рам деформовані;
121-до вибою на момент обстеження	– // –	– має місце видавлювання порід між рамами;	– відбувається деформація ніжок нижче хомута;

Ділянки виробок, що знаходяться в незадовільному стані в основному приурочені до місць впливу геологічних порушень, які відповідають фактичному геологічному перерізу. Результати моніторингу корелюють з даними про об'єми ремонтних робіт.

Проведений моніторинг та дані про об'єми ремонтних робіт дозволяють оцінити стан виробок за відомим показником стійкості ω , який характеризує в інтегральному смислі стан виробки в цілому і визначається як відношення сумарної довжини ділянок виробок що не потребують ремонту S' до її повної довжини S :

$$\omega = \frac{S'}{S}, \quad (2.1)$$

Якщо в проміжку часу T проводилися ремонтно-відновлювальні роботи на ділянці довжиною $S_{рем}(T)$, довжина непорушених ділянок виробки буде визначатися за наступною формулою:

$$S'_{сност} = S' + S_{рем}(T), \quad (2.2)$$

Тоді показник стійкості виробки що ремонтується на момент часу T буде дорівнювати:

$$\omega = \frac{S'_{сност}}{S} = \frac{S' + S_{рем}}{S}, \quad (2.3)$$

Величина ω змінюється в межах від 0 до 1. Виробка повністю стійка при $\omega = 1$ або повністю зруйнована при $\omega = 0$

В роботі [11] встановлений зв'язок між показником стійкості та зміщеннями контуру виробки $\omega(T) = f(u)$, наведений на рис. 2.7. Очевидно, що

зміщення контуру виробки будуть характеризувати експлуатаційний стан кріплення та виробки в цілому.

Оскільки перемінна величина S' встановлюється візуальним обстеженням стану кріплення по всій виробці, вона зазвичай не враховує втрату перерізу виробки за рахунок вертикальної та горизонтальної конвергенції, що при інтенсивному, часто несиметричному здиманні порід підосви відіграє ключову роль у зниженні технологічних параметрів виробки.

Так, наприклад, у виробках, де переміщення вантажу відбувається по підосві виробки (такий спосіб відкатки використовується на більшості шахт) здимання порід лише на 20-30 см вимагає проведення ремонтно-поновлювальних робіт, в той час коли кріплення виробки залишається у відносно стійкому стані.

Крім того, зменшення паспортного перерізу виробки призводить до порушення режиму вентиляції, водовідливу і в цілому створює загрозу для безпеки праці.

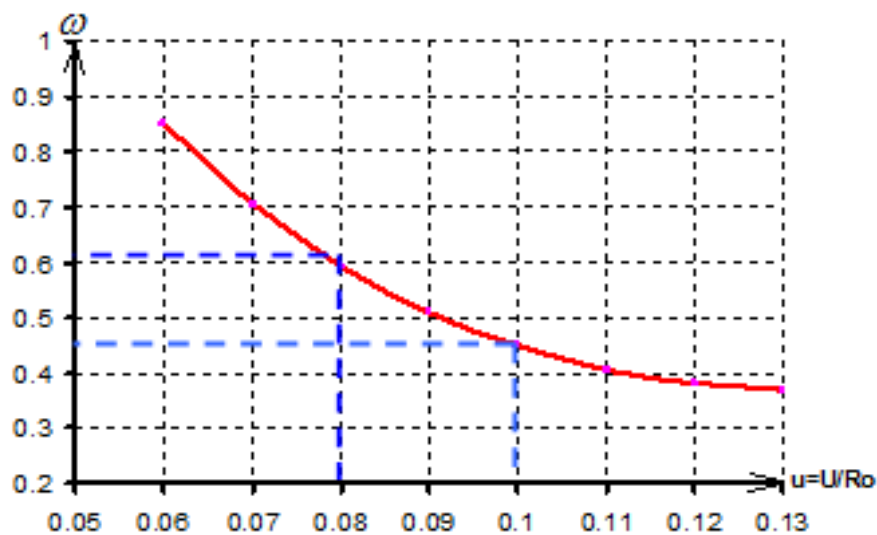


Рис. 2.7. Залежність зміни показника стійкості виробки ω від зміщення контуру

У зв'язку з цим, для більш повного відображення реальної гірничотехнічної ситуації, має сенс оцінювати загальну стійкість виробки не

тільки за станом кріплення, але й за параметром, який буде відображати стійкість виробки за станом порід підшви. Умовно назвемо її ω_n .

Для зручності перемінна величина ω_n буде визначатися аналогічним образом як і для показника стійкості виробки за станом кріплення:

$$\omega_n = \frac{S''}{S} \quad (2.4)$$

де S'' – сумарна довжина ділянок виробок що не потребують усунення наслідків здимання порід підшви.

Таким чином складовими комплексного показника стійкості, назвемо його K_ω будуть два показники – показник стійкості виробки за станом кріплення ω_k та показник стійкості виробки станом порід підшви ω_n . При цьому $\omega_k = \omega = S'/S$.

Розглянемо загальну стійкість системи «виробка-масив» з точки зору ймовірності її надійної роботи за двома показниками (за станом кріплення та за станом порід підшви). Тоді, керуючись основними положеннями теорії ймовірностей маємо наступні міркування:

Існує випадкова подія A – «виробка знаходиться в стійкому стані»

Ймовірність цієї події дорівнює K_ω

Ця подія обумовлена двома додатковими подіями:

A_1 – «виробка стійка за станом кріплення»;

Ймовірність цієї події дорівнює ω_k

A_2 – «виробка стійка за станом порід підшви»;

Ймовірність цієї події дорівнює ω_n

За умови, що ці події незалежні згідно теореми множення ймовірностей подія A по відношенню до події A_1 та A_2 є добутком подій A_1 та A_2 . Підставивши в рівність фактичні показники стійкості ω_k та ω_n маємо:

$$K_{\omega}^1 = \omega_{\kappa} \cdot \omega_n$$

Розглянемо випадок, коли виробка стійка тільки за одним фактором, тобто події A_1 та A_2 являються несумісними.

Тоді випадкова подія A – «виробка стійка або за фактором кріплення, або за фактором здимання порід підосви» за теоремою додавання ймовірностей є сума подій A_1 та A_2 .

Ймовірність цієї події дорівнює K_{ω}^2

Підставивши в рівність фактичні показники стійкості ω_{κ} та ω_n у випадку, якщо розглядати події A_1 та A_2 як незалежні маємо:

$$K_{\omega}^2 = \omega_{\kappa} + \omega_n$$

За кількісну оцінку стану виробки приймаємо відношення:

$$K_{\omega} = \frac{K_{\omega}^1}{K_{\omega}^2} = \frac{\omega_{\kappa} \cdot \omega_n}{\omega_{\kappa} + \omega_n} \quad (2.5)$$

Для полегшення кількісної оцінки комплексного показника стійкості адаптуємо його для звичної п'ятибальної шкали, яка за своєю фізичною суттю буде подібна нормативним категоріям порід за стійкістю (табл. 2.7). У цьому випадку комплексний показник стійкості буде мати вигляд:

$$K_{\omega} = \frac{\omega_{\kappa} \cdot \omega_n}{\omega_{\kappa} + \omega_n} \cdot 10 \quad (2.6)$$

Фактичні показники стійкості для магістральних виробок блоку №10 наведені в табл. 2.8.

На основі отриманих показників стійкості виробки для умов блоку №10 у відповідності до показника умов розробки отримана залежність зміни

стійкості виробок в межах блоку №10 «ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» для діапазону глибин 700-900 м (рис. 2.8) [10].

Таблиця 2.7

Категорія виробок за стійкістю

Категорія виробок за стійкістю	K_{ω}
Стойкі	5 балів (від 4 до 5)
Середньої стійкості	4 бали (від 3 до 4)
Нестійкі	3 бали (від 2 до 3)
Сильно не стійкі	2 бали (від 1 до 2)
Аварійні / Практично зруйновані	1 бал (від 0 до 1)

Таблиця 2.8

Поточні показники стійкості та показники умов розробки

Назва виробки	$\theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H}$	$K_{\omega} = \frac{\omega_k \cdot \omega_n}{\omega_k + \omega_n} \cdot 10$
	вибій-заїзд Катег. стійкості	категорія виробки за стійкістю
Вентиляційний бремсберг блоку № 10	0.67...0.76	2.7
	Нестійкі	Нестійка
Допоміжний бремсберг блоку № 10	0.67...0.76	2.4
	Нестійкі	Нестійка
Вентиляційний уклон блоку № 10	0.63...0.67	2.1
	Сильно нестійкі	Нестійка
Уклон блоку №10	0.61...0.67	1.8
	Сильно нестійкі	Сильно не стійка

Як видно з рис. 2.8 стійкість протяжних виробок в гірничо-геологічних умовах ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» зі збільшенням глибини ведення робіт зменшується за нелінійним законом з інтенсифікацією протікання геомеханічних процесів переважно в підшві виробки, і може бути оцінена показником стійкості K_{ω} , що дозволяє в конкретних гірничо-геологічних умовах отримати розрахункову величину конвергенції для обґрунтування раціональних способів охорони гірничотехнічних об'єктів.

Слід зазначити, що аналіз результатів поточних візуальних спостережень в сукупності з даними про ремонтні роботи за певний проміжок часу експлуатації виробки дозволяє отримати динамічну картину зміни показника стійкості виробки K_{ω} за весь час її експлуатації T .

При цьому цікавим є той факт, що після проведення виробки в контрольному перерізі з моменту закінчення інтенсивних зміщень породного контуру, який для умов блоку №10 за результатами шахтних спостережень складає 2-3 місяці (рис. 2.6), поступова втрата стійкості (зменшення показника K_{ω}) до моменту проведення ремонтних робіт (як з перекріплення так і з усунення наслідків здимання порід підпошви) відбувається з різною інтенсивністю, а сам процес має циклічний характер з тенденцією до поступового зменшення загальної стійкості виробки. Якісно динаміку зміни показника стійкості наведено на рис. 2.9.

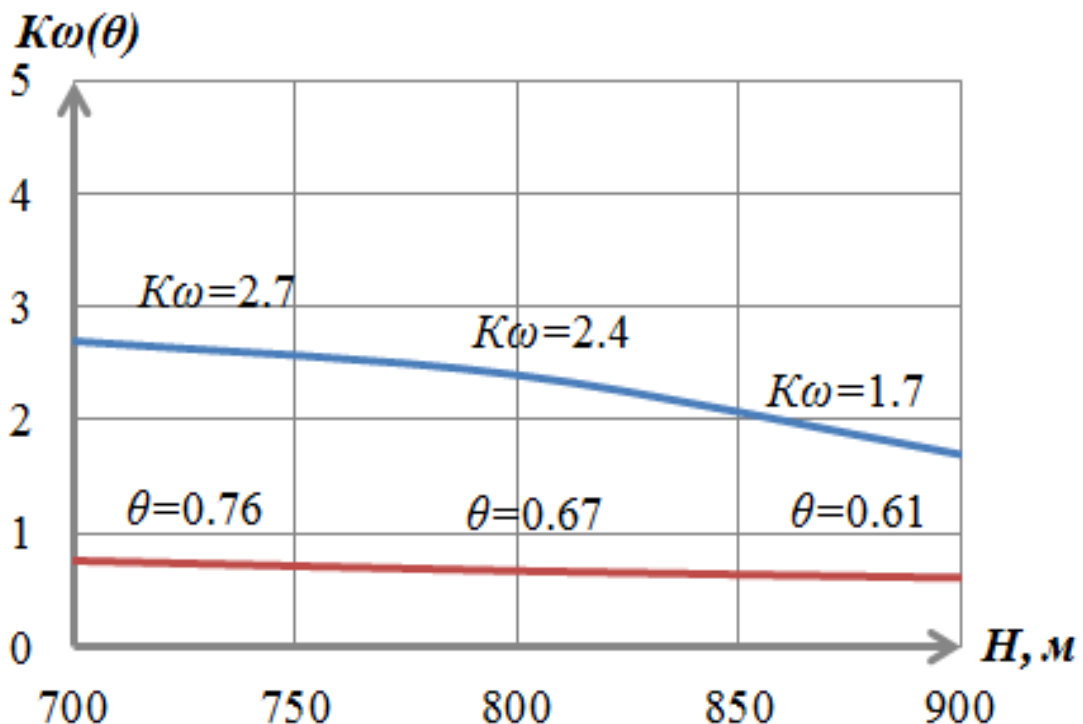


Рис. 2.8. Залежність показника стійкості виробок від глибини закладення



Рис. 2.9. Характер зміни показника стійкості виробки в часі

Висновки за розділом

Проведено аналіз результатів оцінки стану гірничих виробок.

Проведено огляд існуючих методик та вибір об'єкту досліджень.

Описана методика проведення шахтного моніторингу.

Проведено аналіз результатів моніторингу виробок.

Для умов шахт Центрального Донбасу встановлено, що зі збільшенням глибини ведення робіт тривала стійкість гірничо-технічних об'єктів зменшується за нелінійним законом з інтенсифікацією протікання геомеханічних процесів переважно в підшві виробки.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ СТАНУ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

4.1. Інформація щодо об'єкту досліджень

Як було зазначено вище, в протяжних гірничих виробках, що пройдені по пласту d_4 , гірський тиск проявляється у вигляді деформації кріплення та здиманні порід підосви. При цьому, як показує виробничий досвід підтримки допоміжного бремсбергу, вентиляційного уклону та уклону блоку №10, а також суміжних з ними виробок, величина здимання в цих виробках така, що роботи з усунення наслідків здимання проводяться неодноразово. При цьому, за даними економічної служби шахти, об'єми робіт з усунення наслідків здимання порід підосви за трасою цих виробок різняться між собою, що свідчить про різну величину здимання на різних ділянках виробок блоку №10.

За даними геологічної служби шахти при веденні гірничих робіт і на стадії попередньої розвідки, потужність порід, що складають як безпосередню і основну кровлю, так і підосву пласта d_4 , варіюють в межах шахтного поля, тим самим створюючи різноманітні умови підтримання протяжних гірничих виробок з точки зору впливу на їх стан відповідного шару порід.

На базі отриманих даних можливо зробити висновок про значний вплив структурних параметрів порід свити пласта d_4 (потужність шарів, наявність геологічних порушень різної амплітуди, положення виробки відносно пласту, тощо) на стійкість протяжних капітальних виробок блоку №10.

У зв'язку з цим для вивчення впливу глибини, вологи та структурних особливостей на процеси, що відбуваються в приконтурному масиві, в якості основного об'єкту досліджень був прийнятий уклон блоку №10, як одна з найбільш проблемних протяжних виробок з тривалим строком служби.

Для отримання більш детальної картини стану уклону блоку №10 необхідно виконати співставлення даних про прояви гірського тиску та особливості гірничого-геологічних умов залягання пласта.

4.2. Співставлення даних щодо проявів гірського тиску та особливостей гірничого-геологічних умов

Уклон блоку №10 призначений для транспортування породи, доставки матеріалів та устаткування. Виробка проводиться комбайновим способом перерізом в проходці $S_{пр}=25,0 \text{ м}^2$ з встановленням рамно-аркового кріплення (рис 2.10). Шаг встановлення рам КШПУ-22,0 – 0,67 м. Шаг встановлення анкерів довжиною 2,4 м – 0,67 м і становить 8-11 анк./ряд. Затягування виробки здійснюється шляхом встановлення з/б плит та металевою сіткою. Кут нахилу виробки – 3 град. Глибина виробки (устя...вибій (поточний)) – 830...860 м.

Проведення уклону блоку №10 відбувається по вугільному пласту d_4 з підриванням порід покрівлі та підшоши. Гірничі роботи проводяться в зоні ступінчатого скиду пласта з сумарною амплітудою зміщення вугільного пласту 2,3 м в інтервалі пікетів ПК40-43. При проведенні виробки виявлені мілкоамплітудні тектонічні порушення, що супроводжуються обрушенням порід покрівлі з підвищеним виділенням газу метану та води. За отриманими даними пройдена виробка в інтервалі ПК0-40 знаходиться в зоні високого гірського тиску, що обумовлено впливом суміжних виробок.

Дані по кожному обстеженому пікету про деформації кріплення, здимання порід підшоши та інші прояви гірського тиску узагальнені (табл. 2.9) і зпівставлені з даними геологічної служби про структурну порушеність вугільного пласта та вміщуючих порід. Там же наведені дані маркшейдерської служби про положення перерізу вибою по відношенню до вугільного пласта. З таблиці видно, що найбільш інтенсивні візуально помітні деформації кріплення та порід приурочені до місць геологічних порушень.

Зокрема інтенсивніші прояви гірського тиску у вигляді несиметричних значних деформацій кріплення, а також капіж води відмічені на ПК57-67, в районі яких має місце геологічне порушення (скид з кутом падіння в площині змістителя $45-55^\circ$ і амплітудою 0,65-0,7 м).

Змінання бокових порід, інтенсивні зміщення контуру виробки, а також і відшарування порід покрівлі відмічені на ПК65-66, де також має місце геологічне порушення, а виробка пройдена так, що пласт вугілля знаходиться у верхній частині перерізу.

Візуально простежується зім'ятість порід в районі порушення на ПК81. Очевидно, зміна властивостей порід в районі порушення обумовило деформації кріплення у вигляді викручування ніжок у виробку, а також випресовування породи між рамами. Погіршення стану кріплення у вигляді деформації верхняку і втрати симетрії, обсипання відшарованих зім'ятих порід відмічено на ПК91-93, де також пласт вугілля знаходиться у верхній частині перерізу виробки.

На ПК94-96, де пласт вугілля стає покрівлею виробки, стан виробки ще гірше: кріплення не маючи контакту з покрівлею «завалюється» на вибій.

Деформації кріплення відмічені і на інших ділянках де явні геологічні порушення не помічені. Однак вони можуть мати місце на ділянках біля виробки не по її трасі. Тим не менш, їх вплив відображається на стан масиву, зокрема визначаюча розривні порушення тріщинуватість має розповсюдження за великою площею. Якщо приконтурна частина масиву попадає в цю зону тріщинуватості це обов'язково відобразиться на стані виробки.

Таким чином, аналіз характерних деформацій кріплення, стану порід бортів, покрівлі і підосви уклону блоку №10, а також гірничо-геологічних умов по його трасі дозволяє розділити виробку на ділянки, які мають найбільший вплив на загальний стан уклону і умовно поділені на:

– «нормальні», не ускладнені наявністю геологічних порушень умови, а саме (ПК-ПК: 0-57; 67-78; 84-91; 96-102; 106-112; 115-121; 122-123; 127-130). При цьому слід зазначити, що на ПК85-90, ПК107-111 та в районі ПК116 відмічаються деформації, що характерні для ділянок з геологічними порушеннями. Можливим поясненням є те, що на стан кріплення і виробки в цілому впливають порушення, які знаходяться поза трасою уклону, але мають деякий вплив на нього. Загальна протяжність ділянки з «нормальними»

умовами приблизно сягає 970 м, що складає 74% від загальної довжини уклону, пройденого на момент обстеження;

– місця впливу мілкоамплітудних геологічних порушень (ПК-ПК: 57-67; 78-84; 91-96; 102-106; 112-115; 121-122; 123-127), що складає 26% (близько 330 м) проведеної траси уклону. Тим не менш, саме ділянки з наявністю геологічних порушень, особливо розривного характеру, мають найбільший вплив на зменшення загального показника стійкості виробки.

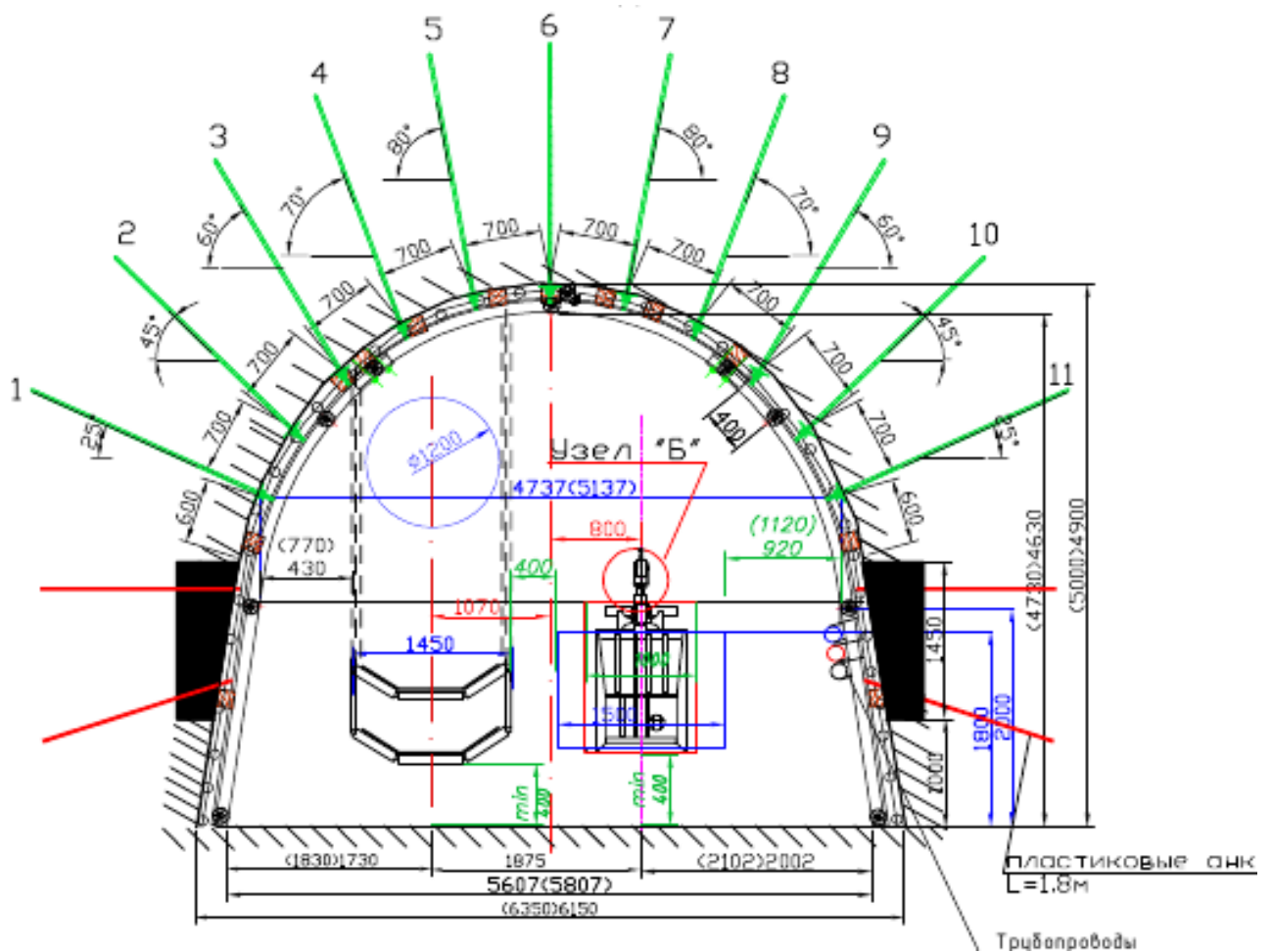
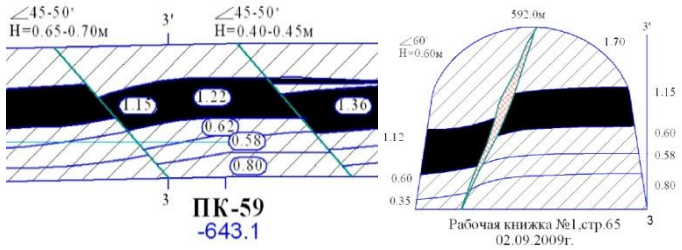
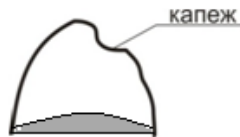
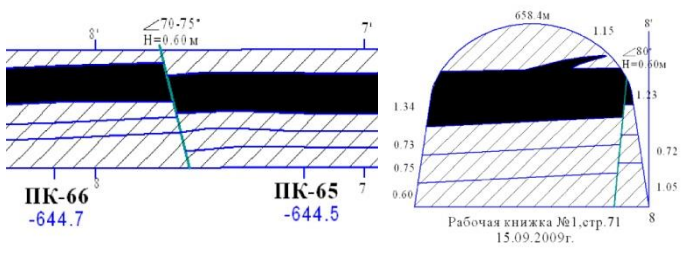
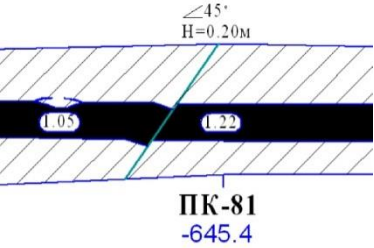



Рис. 2.10. Типовий переріз (паспорт проведення уклону блоку №10)

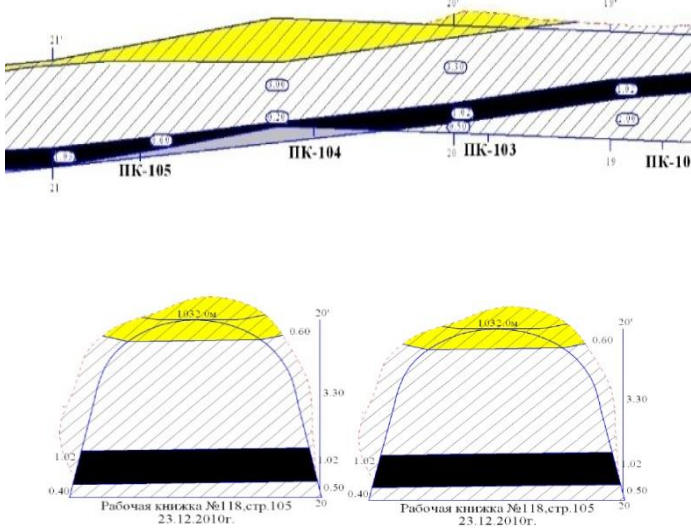
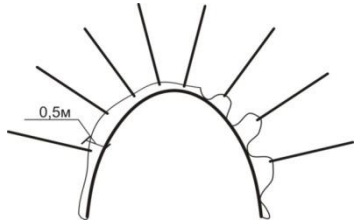

Вибіркові дані про основні прояви гірського тиску по трасі уклону блоку №10

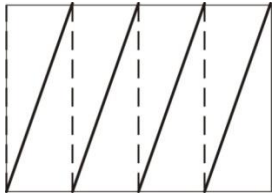
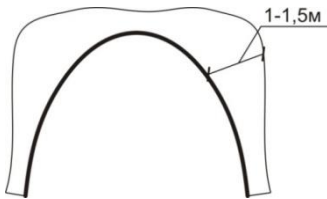
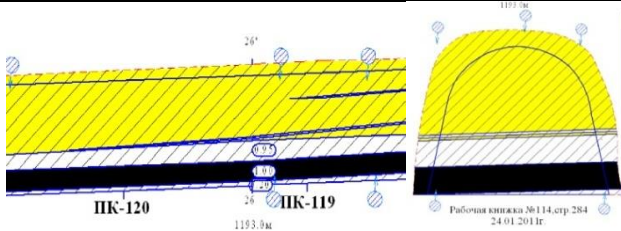
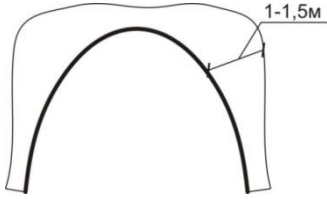
№ ПК	Наявність геологічних порушень	Види деформацій	Інші прояви гірського тиску. Порушення технології кріплення.
0-52	Не виявлено	до 50% затягування зруйновано	Візуально помітне здимання порід підосви. Втрата перерізу виробки складає близько 5 %
53-56	Не виявлено	Кріплення рівномірно обтиснуте породами що видавлюються у виробку. З правої сторони по трасі уклону відбувається викривлення ніжок.	Не виявлено
57-64		Має місце несиметричне деформування верхняку кріплення	На ділянці спостерігається здимання порід підосви



№ ПК	Наявність геологічних порушень	Види деформацій	Інші прояви гірського тиску. Порушення технології кріплення.
65-67		Верхняк кріплення значно деформований	Відбувається зминання та зміщення бокових порід і відшарування порід покрівлі
68-77	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
78-84			<p>Помітно, що породи перем'яті по всьому периметру виробки;</p> <p>Очевидне «обігравання» анкерів;</p> <p>На ПК81 в сторону вибою відбувається викручування ніжок у виробку;</p> <p>Має місце випресовування порід між рамами;</p> <p>При формуванні перерізу виробки допускаються значні перебори.</p>
85-90	Не виявлено	Не виявлено	<p>Візуально помітне зминання порід підшви.</p> <p>З лівої сторони породи сильно перем'яті.</p>

№ ПК	Наявність геологічних порушень	Види деформацій	Інші прояви гірського тиску. Порушення технології кріплення.
91-93			<p>Чітко спостерігається погіршення стану кріплення у вигляді деформації верхняка та втраті симетрії. Візуально простежується висипання відшарованих, зім'ятих порід покрівлі.</p> <p>В покрівлі виробки викладені костри.</p>
94-96			<p>Відбувається завалювання кріплення на вибій;</p> <p>Втрачена стійкість рам в площині;</p> <p>Зберігається лівостороння деформація верхняка; Рами по трасі виробки не знаходяться на одній осі;</p> <p>В 30-40% випадків відсутнє розклинка.</p>
97-101			<p>Відстань між рамою та породним масивом сягає 0,5 м.</p>

№ ПК	Наявність геологічних порушень	Види деформацій	Інші прояви гірського тиску. Порушення технології кріплення.
102-106			<p>З лівої сторони у напрямку до вибою зберігаються зазори до 0,5 м;</p> <p>З правої сторони відбувається «обігривання» анкерів.</p>
107-111	Не виявлено		Перем'яті породи покрівлі та боків з лівої сторони опускаються на кріплення, внаслідок чого відбувається деформація елементів рамного кріплення, а також загинання лівої ніжки.
112-115	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

№ ПК	Наявність геологічних порушень	Види деформацій	Інші прояви гірського тиску. Порушення технології кріплення.
116	Не виявлено		<p>Візуально спостерігається погіршення стану ділянки виробки, що проявляється у вигляді втрати симетрії виробки та зміщенні лівої частини рами в сторону вибою;</p> <p>Після збійки №3 ліва сторона рами значно завалюється на вибій, в той час як права частина стоїть у відповідності до паспорту;</p> <p>В 25-45% випадків відсутня розклинка.</p>
117	Не виявлено		<p>Гірський тиск проявляється у вигляді обжимання бортів виробки</p> <p>На рівні верхніх замків зазори між кріпленням та масивом складають 1-1,5 м;</p> <p>Розпірки не забезпечують стійкість в площині рами.</p>
118-до вибою			<p>В цілому виробка знаходиться в задовільному стані. Зберігаються значні перебори перерізу.</p> <p>З лівої сторони породи більш деформовані, ніж по правому борту.</p>

Висновки за розділом

Виконано аналіз результатів оцінки стану гірничих виробок з урахуваннях ГГ специфіки.

РОЗДІЛ 5

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДЕФОРМУВАННЯ
ПОРОДНОГО МАСИВУ НА ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЯХ

5.1. Вибір методу фізичного моделювання

Лабораторні методи дослідження проявів гірського тиску на моделях дозволяють встановити основні елементи механізму та характер процесів зміщення, деформації та руйнування гірських порід при створенні штучних порожнин у земних надрах і являються важливим етапом при розробці гіпотез та теорій гірського тиску, дають необхідний матеріал для наступної верифікації та перевірки рішень аналітичних задач. Мета моделювання полягає у відтворенні на моделі процесів, подібного тим, що протікають в натурних умовах. У той же час лабораторні методи дозволяють значно скоротити об'єми трудомістких і дорогих шахтних досліджень, полегшують інтерпретацію їх результатів.

В залежності від процесу, що досліджується можуть бути використані різноманітні методи і способи фізичного моделювання. Найбільш ефективним для рішення задач, що поставлені в даній роботі, є метод моделювання на еквівалентних матеріалах, який запропонований Г.Н. Кузнєцовим. Ідея моделювання на еквівалентних матеріалах досить повно сформована в роботі [15].

Сам метод еквівалентних матеріалів завдяки своїй відносній простоті і наочності по праву є одним з найбільш поширених методів фізичного моделювання при дослідженні процесів, що протікають в породному масиві.

Крім того, доцільність вибору саме методу моделювання на еквівалентних матеріалах обумовлює і та обставина, що існує значна база робіт пов'язана з проблематикою даної роботи. Так в роботі Роевка А.М. [16] за допомогою методу еквівалентних матеріалів був змодельований механізм здимання порід підосви. Згодом Гапєєв С.М. виявив характерні особливості

прояву процесу здимання в умовах деяких шахт Центрального Донбасу, а Терещук Р.М. в своїй роботі [14] визначив параметри анкерного кріплення для гірничо-геологічних умов шахт ДП «Добропіллявугілля».

В якості матеріалів, що імітують гірські породи, в практиці моделювання використовуються різнотипні суміші. Вибір еквівалентного матеріалу є одним з основних питань при рішенні задач фізичного моделювання. У даному випадку для виготовлення моделі використовувались суміші багаторазового використання, що складаються з промитого річного піску, порошку графіту та технічного вазеліну, що зцементовані парафіном. Як показує накопичений досвід використання прийнятих сумішей, такі матеріали за своїми фізико-механічними властивостями з високим ступенем наближення задовольняють вимогам еквівалентності гірським породам.

У відповідності до задач, що поставлені в процесі експериментів, виготовлялись моделі, що імітують шаруватий неоднорідний масив в зоні геологічного порушення типу «скид». Матеріал для кожного шару моделі підбирався окремо, з урахуванням його структури та фізико-механічних властивостей і масштабу моделі. Відібрані і перевірені за відповідними методиками рецептури еквівалентних матеріалів, які прийняті для проведення досліджень в даній роботі, найбільш повно відображають властивості порід свити пласта d_4 для умов уклону блоку №10 «ШУ «Покровське».

5.2. Основні положення теорії подоби

Теоретичною основою для моделювання будь-яких процесів і явищ за допомогою еквівалентних матеріалів є теорія механічної подібності Ньютона, яка припускає геометричні, кінематичні і динамічні подібності.

Геометрична подібність забезпечується у тому разі, якщо усі лінійні розміри моделі будуть зменшені у відповідну кількість разів у порівнянні з тією областю природи, в якій вивчають дане явище:

$$\frac{l'_H}{l'_M} = \frac{l''_H}{l''_M} = \dots = \frac{l^i_H}{l^i_M} = C_l,$$

де l_M і l_H – лінійний розмір моделі і області в натурі відповідно.

Кінематична подібність буде забезпечена, якщо подібні частки, які рухаються за геометрично подібними траєкторіями, проходять геометрично подібні шляхи у проміжки часу, що відрізняються постійним множником:

$$\frac{\tau'_H}{\tau'_M} = \frac{\tau''_H}{\tau''_M} = \dots = \frac{\tau^i_H}{\tau^i_M} = C_\tau,$$

де τ_H і τ_M – проміжки часу у натурі і моделі відповідно.

Динамічна подібність має місце у тому разі, коли маси двох подібних часток (відповідним чином розташовані у просторі і часі) відрізняються одна від одної однаковою кількістю разів:

$$\frac{m'_H}{m'_M} = \frac{m''_H}{m''_M} = \dots = \frac{m^i_H}{m^i_M} = C_m,$$

де m_H і m_M – маса частки у натурі і моделі відповідно.

Узагальнюючи закон подібності Ньютона для випадку дій сил тяжіння та внутрішнього напруження, що виникає в породі, маємо:

$$\frac{P_H}{\gamma_H l_H^3} = \frac{P_M}{\gamma_M l_M^3} = idem, \quad (3.1)$$

де p – тиск, $\gamma = \rho g$ – об'ємна вага матеріалу (ρ – щільність, g – прискорення сил тяжіння).

Вводячи у формулу (3.1) значення $\frac{P_M}{l_M^2} = N_M$; $\frac{P_H}{l_H^2} = N_H$, отримаємо

рівність для визначення безрозмірного критерію подібності:

$$K = \frac{N_M}{\gamma_M l_M} = \frac{N_H}{\gamma_H l_H} = idem. \quad (3.2)$$

При моделюванні $l_M \neq l_H$, тоді для збереження умов інваріантності критерію (3.2) для випадку моделювання на еквівалентних матеріалах слід вважати, що $N_M \neq N_H$, $\gamma_M \neq \gamma_H$, тоді маємо:

$$N_M = \frac{l_M \gamma_M}{l_H \gamma_H} N_H,$$

тобто, знаючи величину N_H та задаючись співвідношеннями l_M/l_H і γ_M/γ_H , отримаємо значення N_M , яке необхідно для забезпечення подібності моделі.

Вивчаючи процес руйнування порід, за головні характеристики їх механічних властивостей слід вважати граничні значення міцності породи при її руйнуванні, які можуть бути визначені шляхом побудови кіл Мора. При цьому можливо використовувати сукупність значень тимчасового опору порід стиску R_{cm} та розтягуванню R_p . Для додержання умов подібності необхідно виконання таких рівностей:

– для зовнішніх сил:

$$P_M = \frac{\gamma_M l_M^3}{\gamma_H l_H^3} P_H, \quad (3.3)$$

– для процесів руйнування:

а) при стисненні
$$R_{ст.м} = \frac{\gamma_M l_M}{\gamma_H l_H} R_{ст.н};$$

б) при розтягуванні
$$R_{р.м} = \frac{\gamma_M l_M}{\gamma_H l_H} R_{р.н}.$$

Для додержання подібності процесів механіки гірських порід в області пружних деформацій повинні виконуватися такі рівності:

$$E_M = \frac{\gamma_M l_M}{\gamma_H l_H} E_H, \text{ та } \mu_M = \mu_H, \quad (3.4)$$

де E – модуль пружності (Юнга); μ_M, μ_H – коефіцієнт Пуассона для моделі і натури відповідно.

Механічні процеси у масиві порід в області пластичних деформацій в усьому діапазоні напружень від початкових до руйнуючих без урахування впливу часу будуть подібні, якщо додержуються наступної умови:

$$\frac{\varepsilon_{п.м.}}{(\varepsilon_y + \varepsilon_n)_M} = \frac{\varepsilon_{п.н.}}{(\varepsilon_y + \varepsilon_n)_H}$$

де $\varepsilon_{пр}$ і ε_n – відповідно пружна та пластична відносні деформації.

Підбір еквівалентних матеріалів, що задовольняють всім вимогам, є досить складною задачею. Для полегшення цього процесу, в умовах коли вирішується плоска задача, на прикладі даної роботи, можливо внести низку спрощень комплексу певних умов подоби. Оскільки у даному випадку процеси деформації та руйнування відбуваються при статичній дії сил, виникають всі необхідні передумови для обмеження умов подоби лише по відношенню до чисельних значень характеристик міцності відповідно прийнятого масштабу

моделі. При цьому для модулів, що характеризують пружні та пластичні властивості еквівалентного матеріалу, не обов'язково точна відповідність масштабу моделі за умови, що відношення однойменних модулів деформацій для відповідних елементів природи і моделі витримувались однаковими.

5.3. Методика вибору, приготування та встановлення фізико-механічних властивостей матеріалу

Однією з переваг методу моделювання на еквівалентних матеріалах є можливість вимірювання показників, що відображають НДС масиву, які в натурних умовах здійснити практично неможливо. Це стає можливим за умови відповідності критеріїв подоби для еквівалентних матеріалів і забезпеченні геометричної подібності природи та моделі, адекватності механічних процесів може бути забезпечена шляхом відтворення подібних граничних умов. В якості робочого матеріалу для моделювання був використаний пісок, парафін і технічний вазелін у відповідних пропорціях. Виготовлення еквівалентного матеріалу відбувалось наступним чином. Річний кварцовий пісок старанно просіювався та промивався з метою ліквідації зайвих включень. Сухий пісок змішувався з відповідною кількістю подрібненого парафіну, гранульованого графіту та солідолу. Отримана суміш поміщалася у закриті металеві бокси і прогрівалася на водяній бані 3 години. За цей час її 10 разів додатково перемішували з метою рівномірного прогрівання.

Встановлення межі міцності на стиск, модулю пружності та коефіцієнта Пуассона виконувалося на циліндричних зразках перерізом $21,1 \text{ см}^2$ і висотою 74 мм за допомогою малогабаритного пресу, виготовленого на кафедрі будівництва і геомеханіки Державного ВНЗ «НГУ», який дозволяє фіксувати невеликі навантаження та відповідні йому деформації у зразках.

Циліндричні зразки виготовляли в спеціальних гільзах з наступним ущільненням за допомогою лабораторного копра. Після ущільнення і охолодження зразок виймали з форми та випробовували. Об'ємну вагу

встановлювали звичайним способом шляхом вимірювання точної навіски матеріалу у вимірному скляному циліндрі. Ущільнення матеріалу виконувалося вібруванням на протязі 5 хвилин. Методика проведення досліджень детально описана в роботах.

В ході досліджень були підібрані відповідні рецептури (табл. 5.1), що по своїм фізико-механічним параметрам найбільш повно відтворюють властивості порід уклону блоку №10 «ШУ «Покровське». Основні фізико-механічні параметри еквівалентних матеріалів наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.1

Склад сумішей еквівалентних матеріалів

Модель	Масова частка речовини, %			
	Пісок	Парафін	Графіт	Солідол
Пісковик	92,5	6,2	0,8	0,5
Алевроліт	94,7	4,1	0,7	0,5
Вугілля	96,3	2,5	0,7	0,5

Таблиця 5.2

Основні фізико-механічні параметри еквівалентних матеріалів і матеріалів природи

Характеристика матеріалу	Пісковик		Алевроліт		Вугілля	
	Натур а	Модель	Натур а	Модель	Натур а	Модель
Міцність на стиск, МПа	62	0,4...0,4 5	44	0,24...0,2 8	13,5	0,17...0, 19
Модуль Юнга, МПа	$1,1 \cdot 10^4$	$0,02 \cdot 10^4$	$0,53 \cdot 10^4$	$0,01 \cdot 10^4$	$0,41 \cdot 10^4$	$0,01 \cdot 10^4$
Об'ємна вага, т/м ³	2,6	1,6...2,0	2,5	1,6...2,0	1,4	0,6...1,0
Коеф. Пуассона	0,25	0,25	0,28	0,28	0,26	0,26

5.4. Методика формування моделей та проведення спостережень

Для проведення робіт з моделювання на еквівалентних матеріалах в лабораторії моделювання та конструкційних матеріалів кафедри будівництва і геомеханіки при НТУ «ДП» використовувався спеціальний стенд (рис. 5.1), що дозволяє виготовляти та випробовувати моделі з масштабом від 1:50 до 1:200. Стенд складається з столу-платформи, робочої камери (600x500x50 мм) з передньою прозорою стінкою з оргскла товщиною 30 мм та важільної системи для створення додаткового навантаження при відтворенні глибини закладення виробки.



Рис. 5.1. Стенд для моделювання проявів гірського тиску на еквівалентних матеріалах

Модель виготовляється шляхом нарощування шарів знизу вгору. При цьому розміри та орієнтація шарів відповідає фактичному геологічному перерізу ділянки траси виробки, що імітується. Перед тим як покласти матеріал у стенд, він витримується у спеціальній камері на водяній бані при температурі 80-90°C для того, щоб матеріал був пластичний і краще ущільнювався.

Якщо шар у моделі товстий, то він нарощується за кілька разів. Товщина насипаного шару еквівалентного матеріалу повинна бути не більше 30 мм. Після вкладання кожен шар, максимально ущільнюється дерев'яною трамбівкою. Далі процес повторюється доти, поки модель буде повністю виготовлена. Після ущільнення верхнього шару на нього укладають навантажувальну плиту, на яку через важелі передають навантаження, утворюючи в моделі необхідний напружений стан відповідно до масштабу моделювання.

Обтиск моделі триває доти, доки зміщення навантажувальної плити стане не більше 3% від початкового. Після обтиску моделі її розвантажують, відкривають лицьову панель з органічного скла і за допомогою рамки з натягнутими через визначену відстань нитками, які завчасно натерті крейдою, у двох взаємно перпендикулярних напрямках наносять сітку на поверхню моделі. Потім лицьову панель закривають і модель навантажують.

Після повторного обтиску моделі відкривають кришку на отворі, що знаходиться на лицьовому боці стенда, і без знімання навантаження за допомогою лопатки у матеріалі «проходять» гірничу виробку з наступним встановленням кріплення, характеристики якого задовольняють умові (3.3). При цьому технічна і силова імітація анкерного кріплення приймалась згідно роботи Терещука Р.М. [14]. Безпосередньо геометричні параметри анкерів склали: довжина – 24...60 мм; діаметр – 0,5 мм, опорна плита – 4x4 мм. Ступінь скріплення еквівалентного матеріалу і його межа на витягування встановлювались на блоках, що були вирізані з еталонної моделі і в перерахунку по масштабу моделі натурі склали близько 240 грам.

Пригруження проводилося за допомогою важільної системи, навантаження прикладалося з кроком 0,05 кН.

Вимірювання абсолютних зміщень виконувались з певними інтервалами часу методом фотофіксації змін нанесеної на лицьовий бік моделі крейдою сітки, яка замінює маркери і не впливає на процес моделювання.

З метою отримання достовірних даних при підготовці лабораторних випробувань були використані положення теорії планування експерименту.

Необхідна кількість випробувань в кожному циклі встановлювалась по формулі:

$$n = t_{\alpha}^2 \left(\frac{\eta}{q} \right)^2, \quad (3.1)$$

де t_{α} – коефіцієнт Стюдента, який вибирається згідно відповідної таблиці [17] в залежності від довірчої ймовірності α , η – коефіцієнт варіації; $q = 1 - \alpha$ – граничне відхилення.

Оскільки реальний породний масив, що досліджується досить неоднорідний, відносне відхилення його параметрів в реальних умовах може сягати 20%.

Для того, щоб наблизити експеримент до реальних умов, прийнята величина довірчої ймовірності $\alpha=0,9$. Тоді отримаємо значення $t_{\alpha}=1,64$ та $q=0,1$. Підставивши значення у формулу (3.1), маємо:

$$n = 1,64^2 \left(\frac{0,1}{0,1} \right)^2 = 2,69 \approx 3$$

Таким чином, випробувань в кожному циклі повинно бути не менше трьох.

Фактично, з урахуванням налаштування процесу моделювання, усього було випробувано 23 моделі.

Принципова схема моделі масиву порід, що вміщує вугільний пласт в місці геологічного порушення розривного характеру наведена на рис. 5.2.

В табл. 5.3 наведені можливі технологічні рішення із забезпечення стійкості виробки.

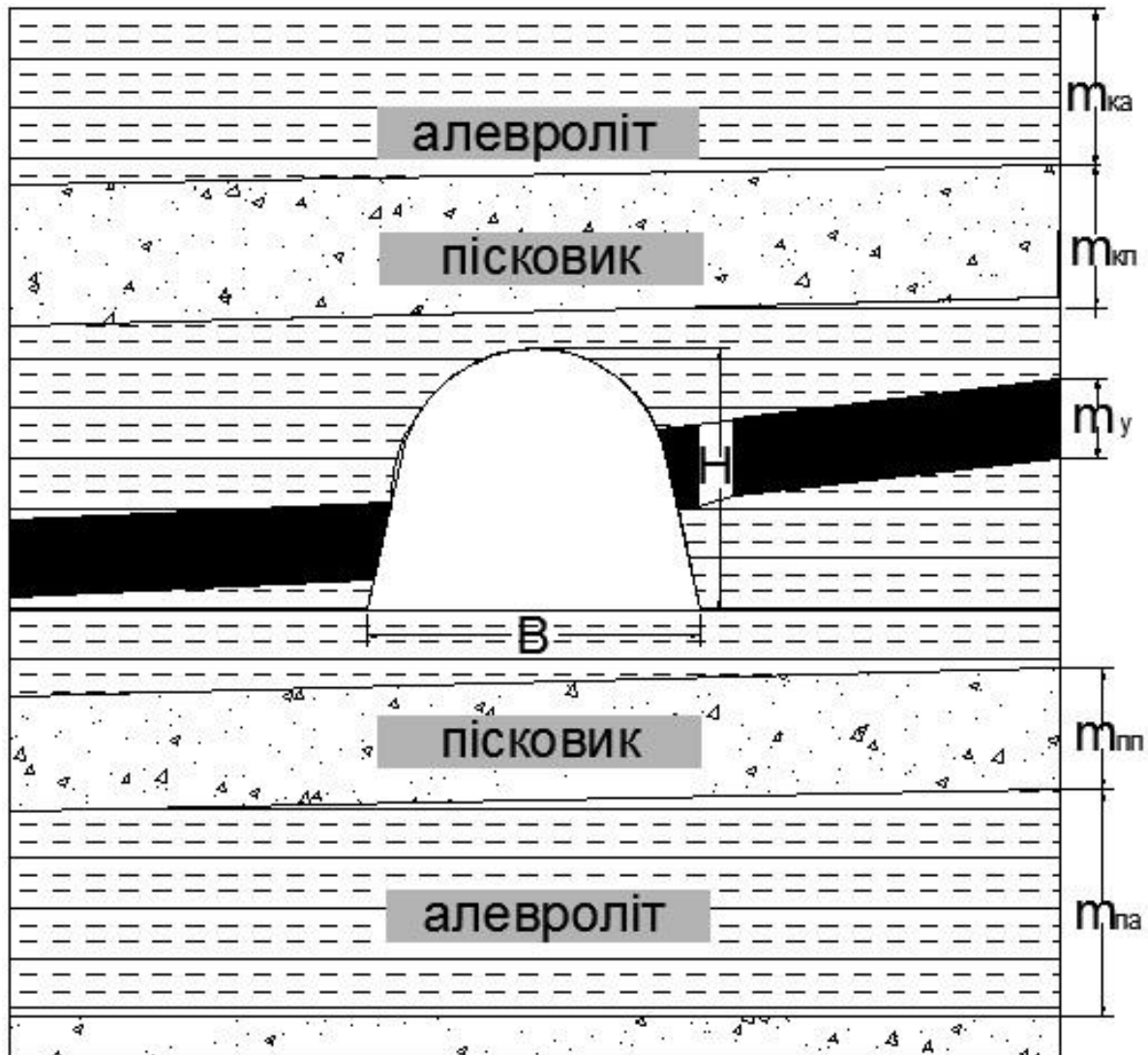


Рис. 5.2. Принципова схема моделі масиву порід, що вміщує виробку в місці геологічного порушення розривного характеру

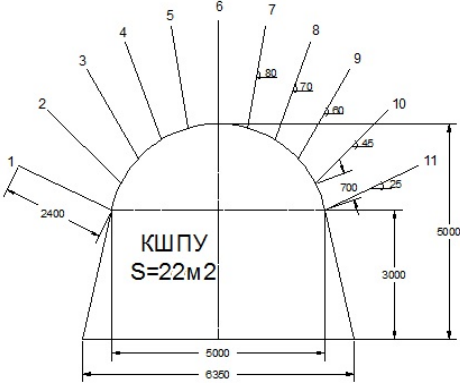
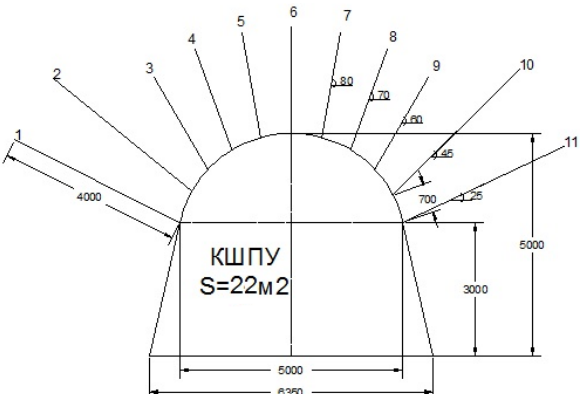
Основною метою фізичного моделювання було дослідження характеру розвитку зон руйнування матеріалу в межах геологічного порушення типу «скид» при використанні різних засобів забезпечення стійкості виробки.

В цілому дослідження характеру розвитку деформаційних процесів в системі «кріплення-виробка» виконувалось в чотири етапи:

Першим етапом передбачалося моделювання виробки в ускладнених умовах (Модель А, рис. 5.3 а), стійкість якої забезпечується паспортними засобами охорони.

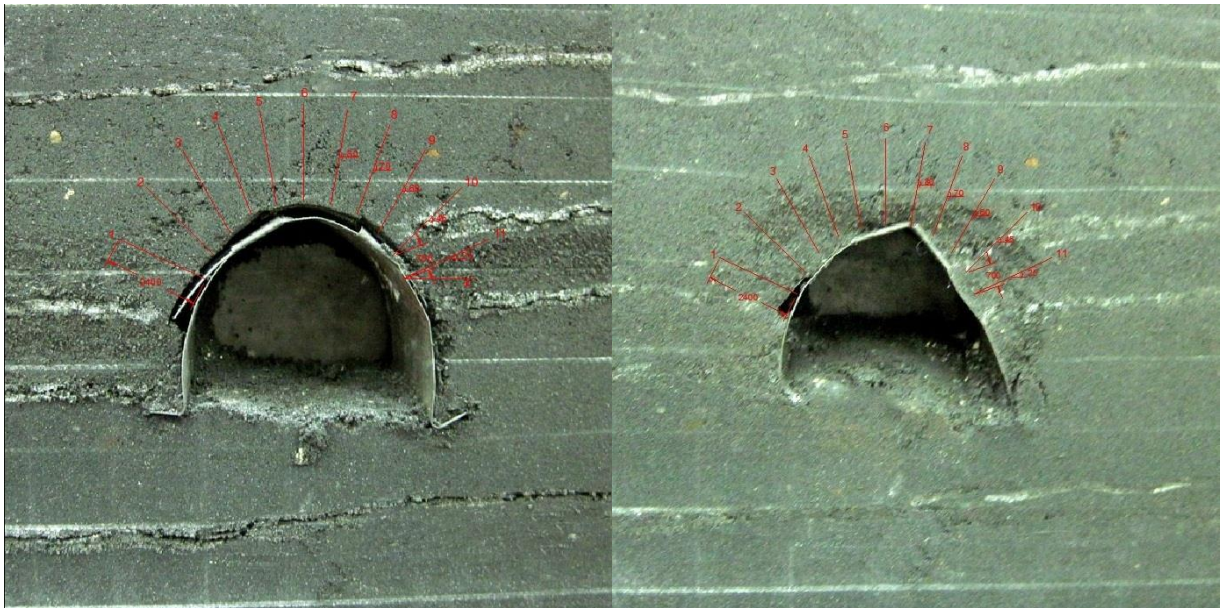
Таблиця 5.3

Технологічні рішення із забезпечення стійкості виробки

№	Технологічна схема забезпечення стійкості виробки	Особливості кріплення
1.		<ul style="list-style-type: none"> • паспортне рамно-анкерне: <ul style="list-style-type: none"> – КШПУ-22,0 з СВП-27/33; – 11 анкерів / ряд довжиною 2,4 м; – шаг кріплення 0,67 м.
2.		<ul style="list-style-type: none"> • рамно-анкерне з канатними анкерами в бортах виробки: <ul style="list-style-type: none"> – КШПУ-22,0 з СВП-27/33; – 7 анкерів / ряд довжиною 2,4 м; – 4 канатних анкера / ряд довжиною 4-6 м; – шаг кріплення 0,67 м; • канатні анкера закріплені поза зоною максимально зруйнованих порід.

№	Технологічна схема забезпечення стійкості виробки	Особливості кріплення
3.		<ul style="list-style-type: none"> Використання кріплення замкнутого перерізу (кільце) аналогічного профілю при забезпеченні відповідності щодо технологічних вимог базового кріплення суттєво зменшує величину вертикальної конвергенції за рахунок зниження переміщень в підшві виробки.
4.		<ul style="list-style-type: none"> дві суміжні виробки меншого перерізу з охоронним ціликом між ними зменшують еквівалентну ширину виробки в проходці і тим самим більш стійкі; кріплення типу КМП-А3 (АП) при однаковій площі перерізу з КШПУ має менші габаритні розміри по підшві.

Основною ідеєю першого етапу було співставлення отриманих якісних даних моделювання з результатами шахтного моніторингу, що в цілому дає змогу обґрунтовано робити висновки стосовно адекватності запропонованого методу досліджень. По своїй фізичній суті Модель А відображає ситуацію, коли має місце геологічне порушення типу «скид». Змодельовані умови максимально наближені до тих, що мають місце на ПК59.



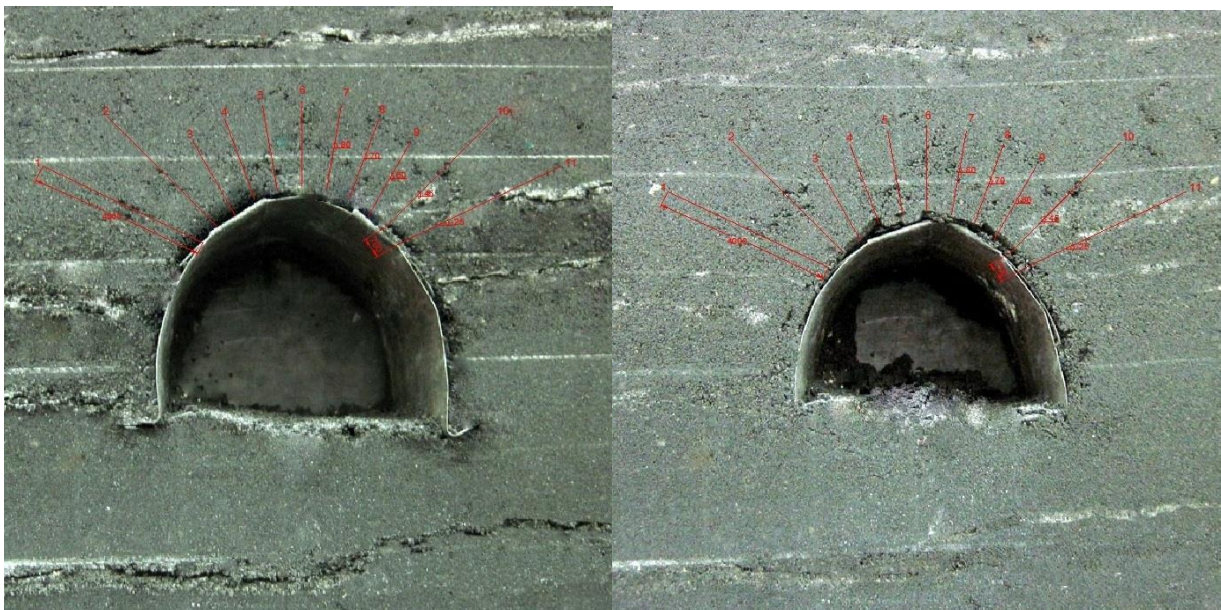
a

б

Рис. 5.3. Модель А до (*a*) і після (*б*) навантаження

Як видно з рис. 5.3 *б* результати моделювання адекватно описують геомеханічні процеси для заданих гірничо-геологічних умов і якісно відповідають результатам шахтного моніторингу.

Другим етапом (Модель Б) передбачалося додаткове ведення в систему кріплення канатних анкерів довжиною 4-6 м в борта виробки (рис. 5.4 *a*).



a

б

Рис. 5.4. Модель Б до (*a*) і після (*б*) навантаження

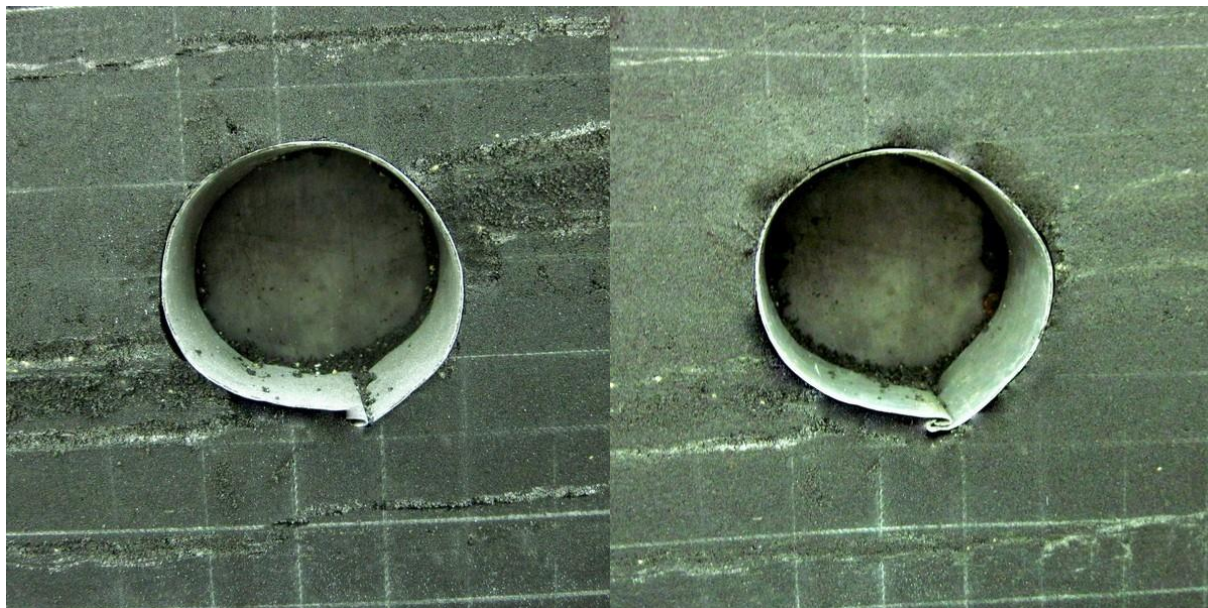


Рис. 5.5. Модель В до (а) і після (б) навантаження

Як видно з рис. 5.4 б. встановлення додаткових анкерів зменшило зміщення на контурі виробки, однак внаслідок того, що підшва виробки залишається незакріпленою, величина здимання порід підшви практично не змінилася. У зв'язку з тим, що при моделюванні базове кріплення в місці «скиду» не забезпечує підтримання проектних показників на третьому етапі імітувалося виробка, стійкість якої забезпечується встановленням кріплення замкнутого типу (рис. 5.5, Модель В).

Результати моделювання виробки, кріплення якої має замкнуту форму показали, що така форма виробки і кріплення є оптимальною для даних гірничо-геологічних умов.

Оскільки проведення виробки кільцевого типу або зі зворотним зводом не завжди є економічно доцільним і технологічно складне у виконанні, четвертим етапом передбачалося моделювання двох суміжних виробок меншого перерізу (Модель Г) з охоронним ціликом, ширина якого буде достатньою для того, щоб виключити істотний взаємний вплив і попередити виникнення та розвиток загальної для двох виробок зони розпушування (рис. 5.6). Доцільність такого підходу обумовлена тим, що на загальну стійкість виробки найбільший вплив має ширина виробки в проходці.

Так в роботі Вигодіна М.О. [18] відмічається, що виробка з шириною в проходці 3 м за показником стійкості майже в три рази перевищує аналогічну для виробки з шириною в 5 м.

З метою збереження технологічної функціональності реальна виробка, що має ширину і висоту в проходці відповідно 6.35 і 5 м була замінена двома виробками меншого перерізу з шириною і висотою в проходці відповідно 4 і 3.5 м. Ширина запобіжного цілику приймалась згідно роботи Григор'єва О.Є. [13] і дорівнювала двом прольотам виробок, що моделюються.

За результатами моделювання отримані графіки залежності вертикальної і горизонтальної конвергенції контуру виробки (рис. 5.7) від прийнятого типу кріплення і глибини закладення, яка задається прикладанням еквівалентного навантаження.



Рис. 3.6. Моделювання двох суміжних виробок (Модель В)

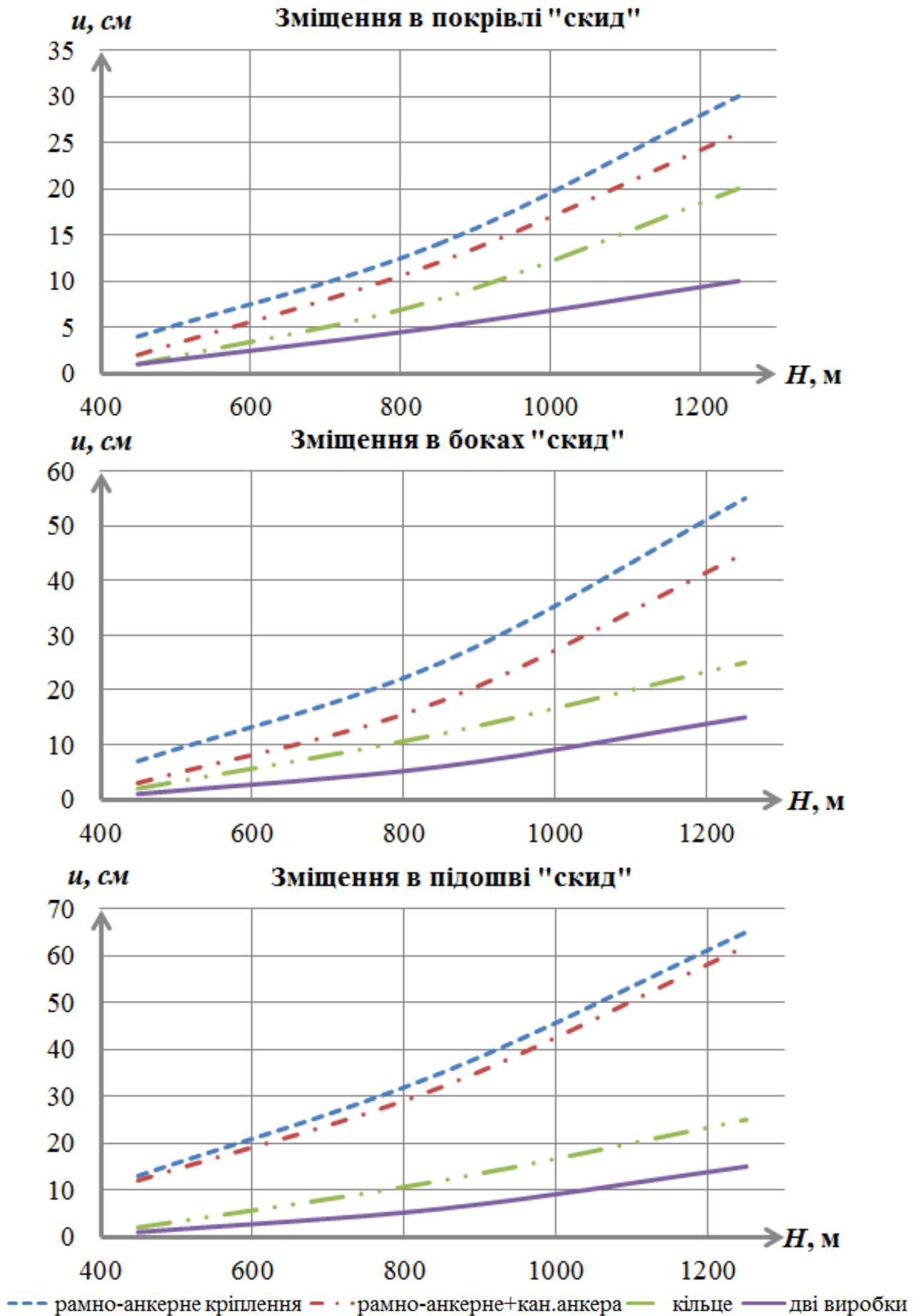


Рис. 5.7. Залежність конвергенції контуру виробки від прийнятого типу кріплення і глибини закладення

Висновки за розділом

Проведено лабораторні дослідження закономірностей деформування породного масиву на фізичних моделях.

Аналіз результатів моделювання дозволяє зробити наступні висновки:

– в заданих гірничо-геологічних умовах, коли траса виробки пересікає мілкоамплітудні геологічні порушення типу «скид», паспортні засоби охорони (рамно-анкерне кріплення КШПУ-22 + 11 анкерів/ряд), на відміну від типових неускладнених умов проведення, не можуть в повній мірі забезпечити необхідну стійкість уклону;

– посилення паспортного кріплення канатними анкерами довжиною 4 м в борта виробки показало деяке збільшення загальної стійкості уклону, однак в наслідок того, що підшва виробки незакріплена, величина вертикальної конвергенції переважно за рахунок здимання порід підшви практично не змінюється;

– найбільш раціональним в даній гірничо-геологічній ситуації є використання кріплення замкнутого типу, або двох виробок меншого перерізу, які будуть аналогічно існуючій виробці задовольняти необхідним технологічним вимогам.

ВИСНОВКИ

Аналіз паливно-енергетичного комплексу, як важливої складової ВВП, дозволяє виділити у якості основних джерел енергії геологічні паливно-енергетичні ресурси, основною складовою яких є вугілля. При цьому, оскільки для України вугілля виступає єдиним вітчизняним енергоносієм, яке дозволяє повністю перекрити внутрішні потреби у цьому виді палива, воно є стратегічним джерелом забезпечення енергетичної безпеки країни.

Критичний аналіз стану протяжних гірничих виробок вугільних шахт, насамперед Українського Донбасу, в тому числі і за результатами шахтного моніторингу найбільш характерних виробок, свідчить про те, що в зонах підвищеного гірського тиску традиційні види кріплення та існуючі засоби охорони і підтримки не можуть ефективно забезпечувати тривалу стійкість системи «кріплення-виробка-масив» внаслідок недостатнього врахування геомеханічних особливостей породного масиву.

В цілому, за результатами аналізу даних проведених комплексних досліджень встановлено ряд закономірностей деформування неоднорідного породного масиву навколо капітальної гірничої виробки в умовах значних зміщень породного контуру та виконана спроба обґрунтувати оптимальні конструкції кріплення для розглядаємих умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паливно-енергетичні ресурси. Інтернет ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергетичні_ресурси. Дата звернення 14.11.2018.
2. Ресурси і запаси вугілля. Інтернет ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ресурси_і_запаси_вугілля . Дата звернення 14.11.2018.
3. В.М. Ивашин. Тенденции развития топливно-энергетического комплекса в мире в XXI в. и положение энергетики в Украине // журнал «Уголь Украины», июль, 2008.
4. Л.Н. Алавердян. Уголь в системе энергообеспечения национальной экономики // журнал «Уголь Украины», июнь, 2008.
5. За даними Energy Information Administration. Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://www.eia.gov/> . Дата звернення 14.11.2018.
6. Вугільна промисловість України. Інтернет ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ресурси_і_запаси_вугілля . Дата звернення 14.11.2018.
7. За даними міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Інтернет ресурс. Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/> . Дата звернення 14.11.2018.
8. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
9. О.М. Шашенко, Т. Майхерчик, О.О. Сдвижкова. Геомеханічні процеси у породних масивах: Моографія. – Дніпроп-ськ: НГУ, 2005. – 319 с.
10. Халимендик О.В. Обґрунтування способу підвищення стійкості капітальних виробок в умовах великих зміщень породного контуру: Дис. ...канд. техн. наук: 05.15.04 / Державний ВНЗ "НГУ". – Дніпропетровськ, 2012. – 189 с.
11. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения

устойчивости выработок. – Дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04., 05.15.09. Днепропетровск. – 2009. – 426 с.

12. Шахтоуправління Покровське. Інтернет ресурс. Режим доступу: <http://pokrovskoe.com.ua/> . Дата звернення 14.11.2018.

13. Григор'єв О.Є. Обґрунтування параметрів запобіжних ціликів капітальних гірничих виробок вугільних шахт. – Дис. ... к.т.н.: 05.15.04. Дніпропетровськ. – 2011. – 145 с.

14. Терещук Р.Н. Обоснование параметров анкерной крепи капитальных наклонных выработок в условиях шахт ГХК «Добропольеуголь». – Дис....к. т.н: 05.15.04 / Р.Н. Терещук – Днепропетровск, 2004. – 152 с.

15. Методичні вказівки з визначення на моделях з еквівалентних матеріалів характеру проявів гірничого тиску навколо підземних виробок / Урядн.: О.М. Шашенко, С.М. Рева. – Дніпроп-ськ: НГА України, 2000. – 22 с.

16. Роевко А.Н. Устойчивость подготовительных выработок угольных шахт в условиях больших глубин разработки: Дис. ... докт. техн. наук: 05.15.04.– Днепропетровск, 1995. – 426 с.

17. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие / Л.З. Рушинский.– М.: Наука, 1971. – 192 с.

18. Выгодин М.А. Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса. Дисс... к.т.н. – Днепропетровск, 1990. – 139 с.