

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Гірничий»
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Розробки родовищ корисних копалин»
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____/ЄФРЕМОВ Ігор/
“ ” _____ 2022 року

Випускна кваліфікаційна робота

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: "Обґрунтування способів збереження стійкості підготовчих виробок в умовах глибоких шахт"

Виконав: студент 2 курсу, групи РКК зм-20

напряму підготовки (спеціальності) 1 8 4 «Г і р н и ц т в о», спеціалізація «Розробка родовищ корисних копалин»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

ХМЕЛІНІН Юрій
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проф. каф. РРКК, д.т.н., ПОДКОПАЄВ Сергій
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент ХМЕЛІНІН Юрій
(підпис)

Луцьк – 2022 р

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): викопіювання з плану гірничих виробок, паспорти кріплення та управління покрівлею в лаві, аналіз світового досвіду технологій очисних робіт, розроблена технологічна схема очисних робіт в очисному вибої

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30 січня 20 22 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ n/n	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Коротка характеристика шахти	05.03.2022	
2	Аналіз шахтної технологічної схеми очисних робіт	15.03.2022	
3	Аналіз світового досвіду використання технологічних схем підтримання виробок	01.04.2022	
4	Розробка технологічних схем підтримання	15.04.2022	
5	Охорона праці і заходи з безпеки робіт	01.05.2022	
6	Оформлення роботи і підготовка до захисту	10.05.2022	

Студент

_____ **ХМЕЛІНІН Юрій**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **ПОДКОПАЄВ Сергій**
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню таких параметрів комбінованої системи кріплення та охоронної конструкції гірничих виробок, за яких можлива економічно доцільна повторна експлуатація підготовчих виробок у заданих гірничо-геологічних умовах.

Для реалізації поставлених завдань було виконано аналіз джерел інформації в галузі існуючих засобів та способів забезпечення стійкості підготовчих виробок, що використовуються повторно, проведено комплекс спостережень за де-формаціями приконтурного породного масиву навколо підготовчих виробок в умовах ПрАТ «ШУ «Покровське», обґрунтовано комплексний критерій, що до-зволяє оцінити можливість повторного використання конкретної виробки, вико-нано аналітичні дослідження напружено-деформованого стану породного ма-сиву, для обґрунтування параметрів систем кріплення, розроблено рекомендації щодо обґрунтування параметрів кріплення та охоронної конструкції для гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов ПрАТ «ШУ «Покровське».

Ключові слова: гірничі виробки, система кріплення, напружено-деформований стан, стійкість виробок.

ABSTRACT

The master's qualification work is devoted to the substantiation of such parameters of the combined system of fastening and protective construction of mine workings, under which economically expedient re-operation of preparatory workings in the set mining and geological conditions is possible.

To implement the tasks, the analysis of sources of information in the field of existing tools and methods of ensuring the stability of reusable workings was performed, a set of observations on deformations of the contour rock mass around the workings in the conditions of Pokrovske mine, A comprehensive criterion is substantiated, which allows to assess the possibility of reuse of a particular product, performed analytical studies of the stress-strain state of the rock mass, to substantiate the parameters of fastening systems, developed recommendations for justifying fastening parameters and protective structures for mining, geological and mining -night conditions of Pokrovske mine.

Key words: mineroads, fastening system, stress-strain state, stability of mineroads.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: стор.: 95; рис.: 21; табл.: 11; бібл.: 18,

Об'єктом дослідження є геомеханічні процеси, що протікають у складноструктурному породному масиві в околиці сполучення лави з конвеєрним штреком.

Предметом дослідження є параметри комбінованого кріплення та охоронної конструкції при повторному використанні підготовчих виробок.

Мета роботи полягає у обґрунтуванні таких параметрів комбінованої системи кріплення та охоронної конструкції, за яких можлива економічно доцільна повторна експлуатація підготовчих виробок у заданих гірничо-геологічних умовах..

Методи дослідження. Поставлена в роботі мета досягнута шляхом застосування комплексного методичного підходу, що включає узагальнення інформації та виробничого досвіду в галузі геомеханічно складних технічних систем, використання апробованих методик натурних спостережень, теорії ймовірностей та математичної статистики, методів та підходів теорії деформованого суцільного середовища, будівельної механіки, чисельних методів, зокрема, метод кінцевих елементів.

Практичне значення полягає у розробці рекомендацій щодо параметрів кріплення та охоронної конструкції для гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов ПрАТ «ШУ «Покровське».

КРІПЛЕННЯ, МАСИВ ГІРСЬКИХ ПОРІД, ОХОРОННІ КОНСТРУКЦІЇ, СТІЙКІСТЬ ВИРОБОК.

ЗМІСТ

стор

ВСТУП.	9
ГЛАВА 1 ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИДОБУТКУ ВУГЛЮ В УКРАЇНІ. АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА І ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.	10
1.1. Особливості роботи вугільної промисловості України.....	10
1.2. Аналіз способів підвищення стійкості виїмкових штреків вугільних шахт, призначених для повторного використання.	17
1.3. Мета, основні завдання та методи досліджень	28
РОЗДІЛ 2 СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ШАХТИ.....	31
2.1 Загальні положення.	31
2.2 Вибір об'єктів, цілі та методика спостережень	32
2.3. Аналіз результатів візуального обстеження в інструментальних вимірах протяжних виробок	36
2.4. Економічне обґрунтування доцільності повторного використання конвеєр- них штреків	48
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМ «ПІДГОТОВЧА ВИРОБКА – КРІПЛЕННЯ – ПОРОДНИЙ МАСИВ»	54
3.1. Обґрунтування методу та вибір інструменту чисельного моделювання	54
3.2. Методика виконання чисельного моделювання геомеханічних систем «під- готовча виробка – кріплення – породний масив»	57
3.3. Розробка розрахункових схем та чисельних моделей досліджуваних геоме- ханічних систем.	61
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДОВАНІ ПАРАМЕТРИ КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ В КОНВЕЄРНОМУ ШТРЕКУ	72
4.1 Рекомендована конструкція рамно-анкерного кріплення та система охорони виробки, призначеної для повторного використання.	72
4.2 Перевірка запропонованого способу кріплення та охорони конвеєрного штреку в шахтних умовах	74
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ	79

5.1. Проект та правила кріплення гірничих виробок.	79
5.2. Зведення кріплення	82
5.3. Механізоване кріплення у лаві. Загальні положення	83
5.4. Установка та зняття механізованого кріплення.	84
ЗАКЛЮЧЕННЯ.	86
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	88

ВСТУП

Розвиток вугільної промисловості можливий лише за нормальної експлуатації гірничого підприємства міста і збільшенні конкурентоспроможності вугільної продукції з допомогою підвищення її якості та зниження собівартості. Вугільні родовища України характеризуються великою глибиною залягання пластів, невеликою їх потужністю та складними гірничо-геологічними умовами. Усе це зумовлює високу вартість вітчизняного вугілля, знижуючи його конкурентоспроможність як у внутрішньому, і зовнішньому ринках. У свою чергу, у собівартості вугілля однією з вагомих частин є стаття витрат на підтримку та ремонт виробок. Використання гірських виробок повторно дозволяє зменшити кількість виробок, що проводяться і одночасно підтримуються, збільшити концентрацію гірських робіт і, отже, знизити витрати на видобуток корисних копалин. У цьому сенсі особливої актуальності нині набула проблема забезпечення стійкості виробок, стану яких залежить безперервна робота шахт.

З переходом гірських робіт на глибокі горизонти зберегти вироблення для повторного використання, із застосуванням способів охорони, що використовуються в даний час, без її значного ремонту або перекріплення в більшості випадків неможливо.

Як показує існуючий практичний досвід, в даному випадку необхідна розробка комбінованих охоронних систем, які повинні включати в роботу системи кріплення і породний масив, що вміщує вироблення. При такому підході навіть уніфіковані рішення мають бути ретельно адаптовані під конкретні гірничо-геологічні умови, які можуть суттєво змінюватись у межах окремої шахти. Таким чином, оптимізація способів охорони та підтримки підготовчих виробок для їх повторного використання у заданих гірничо-геологічних умовах, геомеханічне обґрунтування параметрів цих способів на основі вивчення закономірностей взаємодії системи "виробка-породний масив - охоронна конструкція" та "кріплення-виробка-породний масив» з урахуванням складних геомеханічних процесів є актуальним завданням, що має важливе наукове та практичне значення.

РОЗДІЛ 1

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИДОБУТКУ ВУГЛЮ В УКРАЇНІ. АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА І ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Особливості роботи вугільної промисловості України.

У теперішній час кам'яне вугілля, по суті, є єдиним енергоносієм, яке Україна має в обсягах, які є достатніми для забезпечення потреб національної економіки. Це визначає його провідну роль в енергетичній та технологічній безпеці держави [1-9]. Запаси кам'яного вугілля за прогнозом в Україні становлять 117,5 млрд. тон.

Останні роки видобуток вугілля в Україні становив у середньому 76 млн. тон. У 2011 році видобуток вугілля зріс до 82 млн. тон. У 2012 році вона стала рекордною за останні 10 років і становила 86 млн. тон (рис. 1.1).

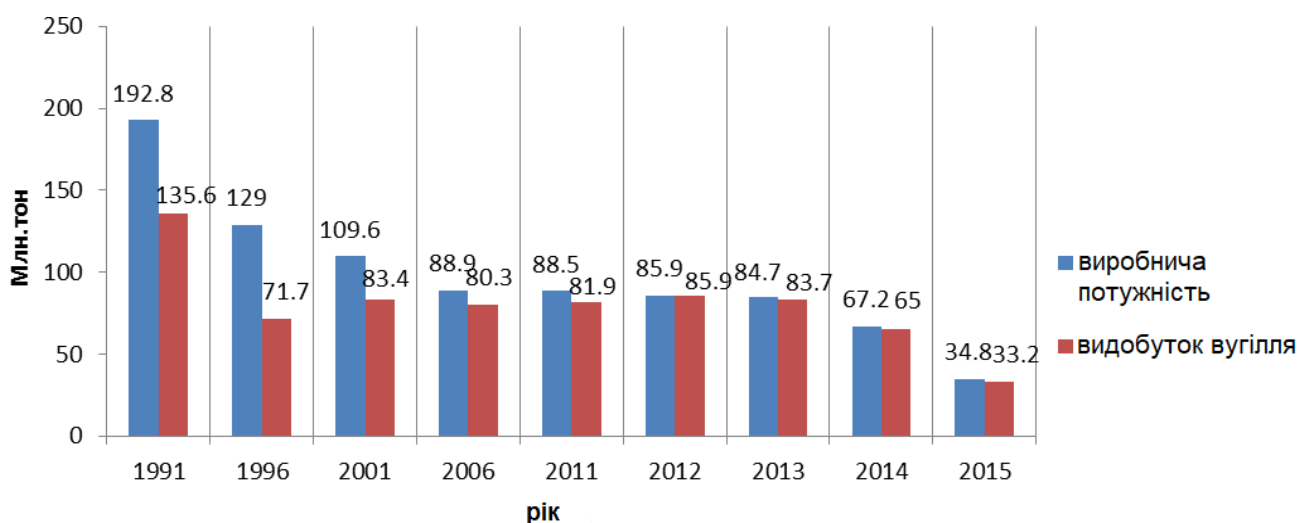


Рис. 1.1. Динаміка видобутку вугілля та виробничих потужностей за 1991 – 2015 роки.

До 2013 року вугільна промисловість України повністю задовольняла попит на вугільну продукцію для теплових електростанцій, теплоцентралей та інших споживачів.

Світовий досвід говорить про випереджальне зростання використання вугілля по відношенню до інших теплоносіїв. Так, за останні 10 років видобуток вугілля у світі збільшився майже на 50 %, тоді як природного газу – на 30 %, а

нафти та атомної енергії – менше, ніж на 10 % [10,11]. Можна впевнено стверджувати, що Україна, за умови розвитку вугільної промисловості, може стати самодостатньою державою в частині енергозабезпечення [11].

Реалізація високого потенціалу галузі знайшла відображення у Програмі економічних реформ на 2010-2014 рр.: «Багате суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава». Відповідно до Програми було позначено такі основні проблеми галузі [9]:

- ✓ висока собівартість вугілля;
- ✓ скорочення внутрішнього попиту на вугільну продукцію;
- ✓ велике навантаження на державний бюджет;
- ✓ відсутність стимулів до зниження витрат завдяки системі державної підтримки;
- ✓ низькі темпи приватизації;
- ✓ нестача інвестиційних ресурсів для модернізації шахт;
- ✓ відсутність обґрунтованого підходу до усунення соціальних наслідків закриття шахт.

При цьому конкурентними перевагами вугільної промисловості України є:

- наявність великих запасів вугілля;
- значні резерви підвищення якості вуглевидобутку;
- впровадження нових технологій;
- потужні вертикально-інтегровані компанії в енергетичному та металургійному комплексах;
- наявність необхідної інфраструктури у місцях вуглевидобутку.

Головним кроком на шляху підвищення ефективності вугледобувних підприємств стало створення умов для залучення в галузь недержавних інвестицій, визначених у прийнятих Законах України «Про державно-приватне партнерство», що передбачає низку ключових положень на захист інтересів приватного інвестора, «Про особливості приватизації вугледобувних підприємств» та «Про особливості оренди або концесії об'єктів паливо – енергетичного комплексу, що перебувають у державній власності».

Було затверджено перелік із 88 вугледобувних підприємств, які можуть передаватися в концесію. Сформульовано вимоги до техніко-економічного обґрунтування такої передачі. При розробці згаданих вище документів враховувалося, що вугледобувні підприємства України є вкрай капіталомісткими із недостатньою інвестиційною віддачею. Значна їх частина може бути інвестиційно-привабливими об'єктами без надання потенційному покупцю тимчасової державної допомоги [9].

Іншим кроком реформування є лібералізація ринку вугілля, при проведенні якої має здійснитися перехід до торгівлі на електронних біржових майданчиках та формування цін на енергетичне вугілля відповідно до світової практики ціноутворення.

Особливістю української вугільної галузі є те, що шахти найчастіше є містоутворюючими. Це посилює соціальний аспект. Для вирішення цієї проблеми у грудні 2012 року Кабінет Міністрів України схвалив концепцію створення системи соціальної підтримки працівників галузі та населення територій, на яких перебувають у стадії закриття вугледобувні підприємства.

Сьогодні недержавний сектор об'єктивно демонструє позитивну динаміку. Об'єднуючи 54,2% найкращих шахт галузі, він забезпечує 72,4% загальноукраїнського вуглевидобутку. Рівень використання виробничої потужності на них у середньому становить понад 90 %, а продуктивність праці робітника з видобутку вугілля у 2-3 рази вища, ніж на державних шахтах (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Показники державного та недержавного підприємств вугільної промисловості України за 6 місяців 2014 року [9]

Найменування	Всього	у тому числі		
		державний сектор	часний сектор	аренда, концесія
Кількість шахт, адм. од.	141	96	23	22
% до загальної кількості шахт	100	68,1	16,3	15,6

Продовження таблиці 1.1

Виробнича потужність, млн. тон	85,9	39,4	29,6	16,9
% до загальної виробничої потужності в цілому в Україні, млн. тон	100	45,8	34,5	19,7
Об'єм видобутку, млн. тон	40,5	11,2	18,95	10,35
% до загального видобутку	100	27,6	46,8	25,6

Подальший розвиток вугільної промисловості України позначився на оновленій Енергетичній стратегії України до 2030 року. У ній визначено, що економічно обґрунтований розвиток вугільної промисловості є одним із головних пріоритетів для досягнення енергетичної безпеки країни.

Станом на січень 2014 року потенціал української вугільної промисловості був величезний. Сьогодні проектна потужність усіх вугледобувних підприємств України становить 122 млн. тон, виробнича – 86 млн. тон, державного сектора відповідно 75 та 42 млн. тон. Лише держсектор мав резерв нарощування обсягів видобутку щонайменше 15,4 млн. тон [9]. Однак, для цього були потрібні великі капітальні вкладення.

Вирішити це передбачалося з допомогою залучення у вугільну галузь приватних інвестицій. Було підраховано, що видобуток вугілля в Україні може зрости до 115 млн. тонн на рік. При цьому галузь має з одночасним висновком вийти на самоокупність. Видобуток енергетичного вугілля внаслідок цих заходів склав би близько 75 млн. тонн на рік. Цього достатньо для забезпечення внутрішнього попиту з боку електроенергетики та інших споживачів, включаючи виробництво синтетичного газу та водовугільного палива [12-16].

Для досягнення поставлених цілей у Стратегії розвитку галузі передбачалася реалізація трьох етапів:

- ✓ реформування вугільної галузі (2010-2015pp.);
- ✓ Здійснення приватними інвесторами активної модернізації шахт (2015-2020 pp.);
- ✓ період стабільного зростання галузі (2020-2030 pp.).

- ✓ На етапі реформування галузі передбачалося вирішити такі завдання:
- ✓ підготувати та провести приватизацію (передачу в оренду або концесію) державних шахт незалежно від рівня рентабельності;
- ✓ розробити систему виведення з експлуатації неефективних вугледобувних потужностей;
- ✓ обґрунтувати можливість та доцільність диверсифікації постачання вугілля з різних джерел.

На другому етапі розвитку галузі очікувалася активна модернізація шахтного фонду приватними інвесторами, яка передбачає, зокрема, заміну застарілого шахтного обладнання та впровадження нових технологій. Це дозволило б галузі вийти на рівень рентабельності.

На третьому етапі розвитку галузі очікувалися стабілізація зростання видобутку вугілля та поступове заміщення потужностей та технологій.

На всіх етапах розвитку вугільної промисловості держава сприяє за такими основними напрямками:

- ✓ - вдосконалення нормативно-правової бази;
- ✓ - комплексне використання вугільних родовищ;
- ✓ - державна експертиза проектів будівництва та реконструкції;
- ✓ - податкове стимулювання щодо інвестування;
- ✓ - здешевлення кредитів;
- ✓ - підтримка та сприяння розвитку міжнародного співробітництва.

Плани, викладені вище, було порушено через військові дії на сході України. Станом на 31.12.2014 року в Україні видобуток вугілля здійснювали 150 шахт, з яких 69 з різних причин не працювали. Із 90 шахт, підпорядкованих Міненерговугілля, 55 шахт знаходяться на контрольованій сепаратистами території та 35 шахт знаходяться поза зоною ведення бойових дій. З 55 шахт - 25 шахт, у середньому, добувають 11 тисяч тон вугілля на добу та 30 підтримуються в режимі життєзабезпечення (вентиляція та водовідлив), з яких 6 шахт залишаються повністю знеструмленими. З 35 шахт – 33 шахти видобувають 21 тис. тон на добу, 2 шахти перебувають у режимі водовідливу [9].

За 12 місяців 2014 року видобуток вугілля в Україні склав 65 млн. тон. Це на 22 % менше видобутку за аналогічний період 2013 року, у тому числі коксівного – 16,3 млн. тон та енергетичного – 48,7 млн. тон. Серед цього обсягу кількість вугілля марки Г+ДГ 30,7 млн. т, марки А+П – 20,6 млн. тон (табл. 1.2).

При цьому шахтами державного сектора видобуто 17,7 млн. тон вугілля (27,2%), підприємствами «ДПЕК» – 34,9 млн. тон (53,7%), іншими підприємствами – 12,4 млн. тон (19 1%).

За 2014 рік шахти ДПЕК видобуток вугілля марок А та П склав 12,7 млн. тон, або 61% від загального видобутку по Україні.

Із загального обсягу (65 млн. тон) видобуток вугілля марок А та П склав 20,6 млн. тон (марки «А» – 14,3 млн. тон, марки «П» – 6,3 млн. тон). Порівняно з аналогічним періодом у 2013 році видобуток вугілля марок А та П зменшився на 9,7 млн. тон.

Таблиця 1.2 Обсяги видобутку вугілля в Україні за 2013-2015 роки. [9]

	2013 рік		2014 рік		2015 рік	
	млн. тон	%	млн. тон	%	млн. тон	%
Всього	83,7	100	65	100	34,8	100
<i>у тому числі:</i>						
державні вуглевидобувні підприємства	24,2	29	17,7	27	6,7	17
ДТЕК	40	48	34,9	54	26,9	68
інші приватні компанії	19,5	23	12,4	19	6,2	16
<i>у т.ч. за маркуванням:</i>						
«А+П», всього	30,3	100	20,6	100	4,4	100
державні вуглевидобувні підприємства	9,8	32	6,5	32	0	0
ДТЕК	17,8	59	12,7	62	4,4	100
інші приватні компанії	2,7	8,9	1,4	6,8	0	0
- «Г+ДГ», всього	31,8	100	30,7	100	28,3	100

Продовження таблиці 1.2

державні вуглевидобувні підприємства	9,1	29	8,2	27	5,7	20
ДТЕК	22,2	70	22,2	72	22,5	80
інші приватні компанії	0,5	1,6	0,3	1	0,1	0,4

Втрати видобутку в червні-листопаді 2014 року по Україні, з моменту проведення бойових дій, згідно з плановими показниками склали 6,2 млн. тон вугілля (енергетичного вугілля марок А+П – 4,0 млн. тон), у тому числі:

- державними шахтами у червні-грудні втрати видобутку вугілля становили 3,7 млн. тон (зокрема марки А+П – 1,8 млн. тон);

- підприємствами Міненерговугілля у грудні видобуто 582 тис. тон, видобуток зменшився майже втричі (у тому числі марок А та П – 0 тис. тон). Підприємствами Міненерговугілля, які працюють на території, підконтрольній українській владі, марки «А» та «П» не добуваються.

За підсумками роботи у грудні 2014 року видобуток вугілля по Україні склав 3,4 млн. тон (зокрема марок А та П – 1 млн. тон).

Основні теплові електростанції, що споживали вугільну продукцію Донецької та Луганської областей [9], такі:

Зміївська ТЕС ВАТ «Центренерго» (Харківська область), споживає вугілля марки «А» та «Т» обсягом 2,3 млн. тон на рік.

Трипільська ТЕС ВАТ «Центренерго» (Київська область), споживає вугілля марки «А» та «Т» обсягом 1,9 млн. тон на рік.

Криворізька ТЕС «ДТЕК Дніпроенерго» (Дніпропетровська область): споживає вугілля марки «Т» обсягом 3,2 млн. тон на рік.

Придніпровська ТЕС "ДТЕК Дніпроенерго" (Дніпропетровська область) споживає вугілля марки "А". Основні поставки проводилися ДПЕК

«Рівенькіантрацит», ДПЕК «Свердловскантрацит». Річний споживання 2,1 млн. тон.

Слов'янська ТЕС ВАТ «Донбасенерго» (Донецька область) споживає вугілля марки «А» та «Т» у кількості 900 тис. тон на рік.

Таким чином, ситуація, що склалася у вугільній галузі та енергетиці, є

критичною і вимагає не лише якнайшвидшого політичного дозволу, а також розробки нових технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості вугілля, що видобувається в Україні.

1.2. Аналіз способів підвищення стійкості виїмкових штреків вугільних шахт, призначених для повторного використання

Для досягнення мети досліджень, поставленої в цій дисертації, яка полягає в обґрунтуванні можливості повторного використання підготовчих виробок, слід здійснити огляд джерел інформації щодо проблеми забезпечення стійкості підготовчих виробок вугільних шахт.

Величезний внесок у вивчення стійкості капітальних та підготовчих виробок з погляду геомеханіки, дослідження природи геомеханічних процесів та параметрів систем кріплення та охорони протяжних виробок зробили такі вітчизняні вчені, як В.І. Бондаренко [17-19], В.В. Виноградів [20-23], С.М. Гапеев [24-28], С.Г. Негрій [18, 29-30], В.Т. Глушка [31-36], О.М. Зорін [37-38], К.В. Кошелєв [39 - 42], Г.Г. Литвинський [43-47], А.П. Максимов [48-49], А.В. Мартовицький [27,50-52], Л.В. Новікова [53,54], А.М. Роєнко [55-57], К.К. Софійський [58], Є.А. Здвіжкова [25,59], А.В. Солодянкін [26, 52, 60], Б.М. Усаченко [61,62], Ю.М. Халімендік [38, 63], О.М. Шашенка [25-27, 52, 57, 59-60, 64], та багато інших.

Експлуатаційні вимоги до підготовчих виробок визначаються за умов транспортування по них вугілля, доставки матеріалів та обладнання, пересування людей, провітрювання. Більшість вугільних шахт Донбасу має безціликову схему розробки та два типи розташування штреків: у цілику та «вприсічку». На стан штреків найбільше впливають деформаційні процеси, що відбуваються в масиві в околиці сполучення «лава-штрек», хоча нерідко проблема стійкості виробок виникає значно раніше.

У роботі [65] досліджено моделі структур геомеханічних систем вивчення деформування породного масиву над виробками. У моделях добре представлені

основні процеси породувугільного масиву при переході з неруйнованого стану в зони зрушення, розшарування та руйнування. Зроблено висновок про необхідність розгляду моделі не одиночного пласта, а почти для врахування їх взаємовпливу при відпрацюванні [66]. Стверджується [65], що перебудова порід покрівлі та підосви на невизначений час покращує стан виробок. Основними процесами, що протікають у геомеханічній системі «порідна масив-охоронна конструкція», є розшарування, вивалоутворення, підбукування та ущільнення зруйнованих порід, що супроводжуються зростанням навантажень на кріплення штреку та його охоронні конструкції.

Наведені в роботі розрахунки говорять про те, що при правильній експлуатації кріплення штреку та охоронних конструкцій, необхідний переріз повторно використовуваного штреку, в принципі, можна зберегти.

Автори робіт [67, 68] досліджували напружено-деформований стан породного масиву в околиці підготовчих виробок при ґрунтах. Це дозволило вивести рівняння в'язко-пластичного перебігу порід. Встановлено, що якщо в початковий момент часу вдалося зберегти штрек, то існує велика ймовірність того, що його перетин з часом зменшиться ненабагато. Це невисокою швидкістю деформації бічних порід за відсутності активних технологічних процесів [68].

У роботі [69] представлені результати натурних вимірів деформування порід навколо виїмкових штреків. Один з них охороняли закладним породним масивом, а інший погашали за проходом лави.

Результати вимірювань показали, що у створі лави з вентиляційним штреком, що охороняється закладною смугою, його висота становила 2,8 м, а в погашеному – 1,7 м. Штрек знаходився в задовільному стані навіть на відстані 50-60 м від вибою лави у бік виробленого простору.

Після підризу підосви штреку на глибину 300-400 мм його можна було використовувати повторно.

У [70] представлені результати спостережень за поведінкою бічних порід навколо сполучення лави та штреку, що охороняється подвійною бутовою смугою. Стан виробітку, що охороняється подвійною бутовою смугою, був задовільним

після проходження лави.

У роботах [71, 72, 73] розглянуто низку способів охорони виїмкових штреків, зокрема їх повторного використання. До основних способів відносяться: підбивка підшви без перекріплення або із заміною кріплення; проведення штреків у надпрацьованій товщі; зміцнення порід; розвантаження порід щілинами, свердловинами та камуфлетним підбиванням.

У роботі [74] розглянуто геомеханічні аспекти збереження виїмкових штреків. Автори вважають, що збереження несучої здатності порід буде досягнуто за збереження природної консолі, що утворилася над виробками. У разі нестійких порід пропонується зміцнювати за допомогою анкерно-стяжних кріплень, хімічного анкерування та інших засобів. Іншим ефективним способом є проведення виїмкових штреків слідом за проходом лави, що дозволить уникнути впливу хвилі опорного тиску стан порід навколо виробки.

Для охорони виїмкових штреків використовують різні способи та технічні засоби. На шахтах, що відпрацьовують пологі пласти, застосовують, як правило, комплекс технічних засобів, які отримали назви комбіновані охоронні системи [61, 62, 75-78]. Така система включає посилення арочного кріплення штреку, охоронні конструкції, що зводяться в лавній частині сполучення, і кріплення сполучення лави зі штреком. Крім того, можуть бути застосовані засоби для зміни фізико-механічного стану порід, що вміщують.

З досвіду, використовувати конвеєрний штрек повторно можна за умов, коли після відпрацювання першої лави збережено щонайменше 60-70 % площі його перерізу [63].

Конструкція комбінованих охоронних систем визначається такими факторами як: геометричні параметри виробки, що охороняється, гірничо-геологічні умови, технологічні та економічні можливості гірничого підприємства. Обов'язковим елементом комбінованої системи, за рідкісним винятком, є рамне кріплення та анкери першого та другого рівнів. Може також застосовуватися набризок-бетон.

Таким чином, у наведених вище роботах поглиблені уявлення про

геомеханічні процеси, що протікають у породних масивах в околиці виїмкових штреків. Визначено фактори, що впливають на напружено-деформований стан породного масиву поблизу штреків. Запропоновано напрями поліпшення стану повторних виїмкових штреків. Привертає увагу відсутність досить обґрунтованої геомеханічної моделі поведінки масиву на сполученнях штрек-лава на високих глибинах в нестійких породах. Аналіз вказав на необхідність розробки такої геомеханічної моделі, яка включала б елементи охоронних конструкцій та особливості технології спорудження виробок, що повторно використовуються.

Вибір способу охорони підготовчих виробок, що повторно використовуються, визначається декількома факторами. Основними є гірничо-геологічні умови залягання і застосовувана система розробки.

За принципом на навколишній виробці масив охоронні споруди можна розділити втричі типу: підтримуючі, розвантажувальні і обрізаючі [60].

До охоронних споруд підтримуючого типу відносяться запобіжні вугільні цілики, бутові та литі смуги, багаття з різних матеріалів, тумби та смуги з блоків.

Вугільні цілики використовують з метою охорони виробок, що примикають до очисних вибоїв у випадках:

- ✓ охорони присічних виробок – шириною 2...4 м;
- ✓ охорони повторно використовуваних виробок з боку падіння шириною до 4 м (при відпрацюванні здвоєних лав у висхідному порядку), завдяки чому створюються необхідні умови для підтримки сполучення та кінцевих ділянок лав;
- ✓ роботи з технологічної схеми із залишенням тимчасового цілика вугілля, який витягується у міру подвигу лави;
- ✓ охорони виробок з боку повстання при несприятливому розташуванні площин ослаблення порід щодо осі виробки, що забезпечує запобігання вивалу порід покрівлі на поєднанні з очисним вибоєм [79].

На початку 80-х років на вугільних шахтах спостерігався перехід до безціликових способів охорони виробок. Це було зумовлено тим, що зі збільшенням глибини гірських робіт та підвищенням гірського тиску зростає і

ширина ціликів, а відповідно і втрата вугілля. Крім того, на великих глибинах цілики перестали забезпечувати необхідні розміри і форму виробок, що охороняються.

Охорона виробок бутовими смугами ґрунтується на принципі наростаючого опору. Ручне викладання бутових смуг відрізняється високою трудомісткістю, великими витратами часу та низькою якістю. Істотним недоліком бутових смуг є високий рівень ущільнення матеріалу, що тягне у себе відчутні деформації підтримуваного масиву [80, 81].

У роботі [82] рекомендують охороняти виїмковий штрек вибуховою смугою в лавній частині сполучення, яка підбурює безпосередню покрівлю, зменшуючи тим самим її розшарування та руйнування. Збереження безпосередньої покрівлі у слабо порушеному стані забезпечує умови для повторного використання виїмкового штреку.

Вогнища з круглого лісу зводять із меншою трудомісткістю, ніж бутові смуги, але також вручну. Звичайні вогнища із чотирма вузлами зв'язку мають велику податливість (40...50 % потужності пласта). За їх використання величини зміщень порід у виробці та стан кріплення будуть приблизно такими ж, як при охороні бутовими смугами. Більш ефективною є конструкції із дерев'яних стійок, зібраних у пакет. У роботі [83] описано досвід застосування дерев'яно-бетонних тумб. Для виключення поперечних деформацій пакета застосовується металева обойма. Для уникнення внутрішніх деформацій всередину конструкції заливають бетон. Податливість регулюється оптимальним співвідношенням між висотою стійок та обойми, а межа міцності на стиск - товщиною обойми та маркою бетону. Існує і більш дешевий аналог вищевказаної конструкції - «кусто-пакетне кріплення», до складу якого входить пакет дерев'яних стійок, пов'язаний з певним кроком по всій висоті попередньо натягнутим тросом [84].

Одним із прогресивних методів охорони виробок є зведення литих смуг, які вперше почали застосовувати у ФРН. Потім вони набули поширення у Великобританії [85]. До основних переваг литих жорстких смуг поряд з повною механізацією їх зведення відносяться висока несуча здатність, що забезпечує

охорону виробок на пластах з покрівлями, що важко обрушуються, безпека робіт на сполученнях з очисними вибоями і хороша ізоляція виробленого простору. Спосіб охорони литими смугами на шахтах України, як показали тривалі дослідження, виконані в Інституті геотехнічної механіки (ІГТМ) [86], може застосовуватись у таких умовах:

- потужність вугільного пласта – 1,2-2,2 м;
- кут падіння пласта – до 30°;
- глибина розробки – до 1200 м;

На пластах із маломіцними породами підосви застосування литих смуг виявилось нераціональним, оскільки, витримуючи високі навантаження (до 104 кН на 1 м²), смуга вдавлюється у породу у вигляді штампуги, провокуючи пучення підосви. Лити смуга прямокутного перерізу сприяє зміщенню контуру виробки ще до обриву завислих порід. Такий недолік усувається за допомогою литої смуги клинової форми [87].

Застосування клинової литої смуги можливе практично у всьому діапазоні фортець порід - від слабких нестійких сланців до найміцніших пісковиків. При ширині підстави смуги 0,8 потужності пласта, зусилля обриву порід, що важко обрушуються, міцністю 100-120 МПа не перевищує 20 кН, тобто. достатня міцність смуги – 25-30 МПа. На пластах потужністю до 2,5 м, при досягнутих темпах просування очисних вибоїв, серійне обладнання дозволяє зводити клинову литу смугу за одну зміну. Витрати за матеріалами на зведення клинової смуги вдвічі менші, ніж смуги прямокутного перерізу [87].

Ефективність застосування жорстких смуг показана також у роботі [43].

Охорона повторно використовуваних виробок смугами із полегшених золоцементних блоків на пластах потужністю до 1,7 м із кутом залягання не більше 15 град показала хороші результати. За зоною найактивніших зсувів було деформовано: на контрольній ділянці – 60% кріплення, на експериментальній – не більше 15%. При відході вибою на 170-190 м висота виробітку, з урахуванням виконаних робіт з підривки підосви, склала на контрольній ділянці – 1,8-2 м, на експериментальній ділянці зі смугою – 2,3-2,4 м. В останньому випадку кріплення

зберегла, в основному, певний запас конструктивної податливості і продовжувала працювати в режимі постійного опору [88].

До охоронних споруд розвантажувального типу відносяться: примусове обвалення порід покрівлі, буріння розвантажувальних свердловин, щілин, розміцнення порід навколо виробки.

Охоронні споруди обрізального типу можуть бути одночасно і підтримуючими (наприклад, литі смуги, багаття) та обрізного (ряди з органних стійок), що визначається співвідношенням міцності смуг та міцності бічних порід вугільного пласта.

Як зазначалося раніше, за умов великих глибин, жодна з відомих охоронних конструкцій неспроможна при автономної роботі забезпечити ефективне підтримання виробок у районі сполучення з лавою і після її проходу.

У роботі [89] охорони виробок пропонується комбінована охоронна система. В основу механізму роботи охоронної системи, що розглядається, покладено ефект наростаючого опору. Комбінована охоронна система є комплексом засобів, послідовно встановлюваних у виробках на різних етапах їх підтримання.

Перший етап кріплення виробки здійснюється безпосередньо після оголення породного масиву. Його основним завданням є запобігання розшарування порід покрівлі. На цьому етапі з відставанням від вибою не більше ніж на 3 м виконують установку рамного кріплення. У традиційній схемі кріплення використовують переважно арочні податливі кріплення КМП-АЗ та КШПУ. Безпосередньо після встановлення рам, у проміжках між ними встановлюють анкерне стяжне кріплення. Перевага цієї охоронної конструкції в порівнянні з системою одиночних анкерів полягає у створенні ефекту самозапирання блоків породного масиву в покрівлі виробки, що охороняється.

Другий етап кріплення виконують за підходом лави. Він включає установку кріплення сполучення, посилення брівки з боку стовпа, що відпрацьовується, і підхоплення верхняка анкерами.

На третьому етапі безпосередньо після проходу лави виконують зведення литої смуги. Для запобігання розшаруванню порід безпосередньої покрівлі у

виробленому просторі відставання зі зведенням смуги не повинно перевищувати 6 м. Під замки рамного кріплення встановлюють стійки підсилення діаметром 180-200 мм.

Слід враховувати, що у борту виробки із боку цілика конвергенція після проходу лави становить від 10 до 50% потужності пласта, з боку виробленого простору – 30...80%. Завданням способів охорони

штреку з боку виробленого простору є забезпечення мінімальної різниці в конвергенції з обох бортів виробітку.

Навколоштрекові смуги досить ефективні, якщо кромка покрівлі пласта вздовж штреку не обрушується після проходу лави, а спирається на смугу. Пристосування смуг до різних гірничо-геологічних умов рекомендують досягати за рахунок її ширини. Якщо в підшві пласта залягають слабкі породи, рекомендується вздовж штреку зводити дві смуги, причому смуга, що примикає до штреку, повинна вже бути споруджена, а відстань між смугами становитиме 0,5-1,5 м.

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

При двосторонньому відпрацюванні штреку конвергенція дуже значна. У таких умовах жорсткі породні смуги можуть сильно вдавлюватися в бічні породи або «обіграватися» останніми. Для повторного використання штреку в цьому випадку рекомендують дерев'яні багаття або накатники, що викладаються з обох боків виробки. Відставання навколоштрекової смуги від лави має бути мінімальним.

На ділянці штреку із зайво податливою смугою, опускання та деформація кріплення може досягати 40% від початкової висоти виробки, а при охороні жорсткими ангідритовими смугами – лише 24% [90]. Ангідритові смуги викладають пневматичним способом. Тим самим способом викладають смуги з відходів мокрого збагачення, у тому числі з використанням різних в'язучих добавок.

У роботах [91, 92] рекомендується викладання здвоєних породних смуг уздовж штреку стосовно нестійких порід. Рекомендується підвищувати стійкість виїмкових штреків шляхом зниження концентрацій напруги в приконтурному породному масиві.

На пластах з тріщинуватими та нестійкими породами знайшли застосування способи підтримки виробок, що передбачають зміцнення вміщувального породного масиву, яке дозволяє, до певної міри, відновити порушені зв'язки в гірських породах і підвищити їх стійкість, що покращує умови роботи кріплення. Зокрема, це дає можливість використовувати легші та дешеві кріплення, знижуючи витрати на підтримку виробок, а в деяких випадках повністю виключає необхідність їх застосування.

У роботі [93] відновлення властивостей міцності зруйнованих порід в зоні непружних деформацій пропонується проводити за допомогою ін'єкційного зміцнення з використанням ефекту вакуумування.

Область його застосування така: у зонах сполучення лав зі штреками, де особливо велике навантаження на покрівлю; у лавах для зміцнення обвалення порід безпосередньої покрівлі; в зоні тектонічних порушень при веденні очисних робіт з метою зміцнення шарів, що знаходяться через ці порушення в напруженому стані.

Нині дедалі більше застосування знаходять способи підтримки виробок, які передбачають активне управління напружено-деформованим станом масиву. Ці способи спрямовані на зниження і перерозподіл напружень у гірському масиві, що вміщує виробку.

Для підвищення стійкості виробок у породному масиві можна створювати розвантажувальні щілини, які заповнюються податливим матеріалом для запобігання розшарування порід та самозаймання вугілля.

Відомий спосіб підвищення стійкості виробок, що полягає у створенні навколо виробки зони розвантаження за рахунок щілин розвантажувальних, який успішно можна застосовувати і для зменшення пучення підосви.

У ДП «Павлоградвугілля» накопичено досвід утворення розвантажувальних щілин у підосві штреку для запобігання пученню порід [94]. Призначення заходів

для зміни стійкості порід покрівлі, підшви та боків штреку полягає у зменшенні впливу гірського тиску, а також у рівномірному його розподілі на всі несучі конструкції.

До широко відомих і застосовуваних на практиці способів зменшення напруги в зоні опорного тиску шляхом зниження жорсткості системи

«Пласт-бокові породи» відноситься спосіб механічного вилучення вугілля з крайових частин пласта (буріння сітки свердловин, нарізання щілин, камер, підривання камуфлетних зарядів, гідропушення і т.д.).

Наприклад, з метою зниження напруги біля бортів виробки, на деяких шахтах застосовується буріння по пласту свердловин великого діаметру. При цьому максимум опорного тиску зміщується вглиб масиву, і в околиці виробки діють менші напруги.

Технологічні схеми проведення та охорони виробок з бурінням розвантажувальних свердловин забезпечують зниження в 1,5-2 рази трудомісткості їх підтримки за рахунок зменшення пучення порід. Експериментальні роботи у цьому напрямі показують, що такий спосіб на 50-70% зменшить обсяг ремонтних робіт [95].

Ефективність способу вибухопорожнинного розвантаження, заснованої на енергії вибуху показана [96, 97]. З його допомогою утворюються по обидва боки виробок на всю потужність пласта - порожнини, заповнені зруйнованим вугіллям і цілики, що оконтурюють, які під впливом гірського тиску деформуються. В результаті підвищена напруга переміщується вглиб масиву. Шляхом зміни глибини порожнин можна досягти зниження діючих напруг в областях масиву гірських порід, що прилягають до контуру виробки, до безпечної величини.

Загальним недоліком таких способів є порушення суцільності вугільного масиву. Для усунення цього недоліку розроблений спосіб і технологія, засновані на безпорожній релаксації напруги до рівня, що не перевищує межі міцності масиву, що вміщує виробки. Релаксацію напруги пропонується проводити за рахунок розкриття природних та утворених техногенних тріщин при впливі робочої рідини, наприклад водних розчинів поверхнево – активних речовин (ПАВ), на вугільний

масив у режимі напірної фільтрації.

У складних гірничо-геологічних умовах поліпшення стану виробок досягається проведенням їх вприсіку до виробленого простору, а також за лавою при суцільній і комбінованій системах розробки. Підтримка виробок на ряді глибоких шахт забезпечується розвантаженням від гірського тиску спеціальними розвантажувальними лавами.

Проведений аналіз показує, що при безціліковій технології відпрацювання підготовлених запасів горизонту, панелі або блоку основні способи збереження зон розвантаження повинні базуватися на принципах повної або часткової ізоляції захисними смугами вугілля виробленого простору розвантажувальної лави, вибору черговості відпрацювання розвантажувальної та суміжних з нею багаторазового розвантаження в період виїмки вугілля розвантажувальною лавою [98].

Один із способів підготовки та відпрацювання ділянок при розробці одиночних або перших у групі пластів, передбачає проведення штреку, що зберігається в породах підшви пласта з певним випередженням очисного вибою. Нижній і верхній просіки нарізаються також попереду очисного вибою в межах пласта або з підривом порід, що вміщують. Між нижнім просіком і штреком проходять печі, збійки та квершлагги.

Якщо в підшві пластів залягають слабкі і схильні до пучіння породи, то штрек необхідно розташовувати в міцніших породах покрівлі, причому відпрацювання ділянки виїмки також здійснюється на передові квершлагги.

У складних гірничо-геологічних умовах, характерних для багатьох глибоких шахт, зазначені способи розвантаження та проведення виробок дозволять обмежити застосування низки податливих засобів охорони виробок і виключити жорсткі околоштрекові смуги, звести до мінімуму руйнівну дію гірничого тиску на виробки та кріплення, забезпечити стійкий їх стан перебігу всього терміну експлуатації та безремонтну підтримку при повторному використанні [99].

Виконаний аналіз способів та засобів охорони виїмкових штреків дозволяє сформулювати такі висновки:

- ✓ більшість технологій засноване на збереженні цілісності

- вуглепородного масиву, що оточує штрек;
- ✓ найбільш ефективними в умовах нестійких порід є підтримка покрівлі навколоштрековими смугами, у тому числі породними, а також підвищення несучої здатності кріплення штреку;
- ✓ відповідно до способів охорони виїмкових штреків використовують відповідні засоби: закладні машини, вибухові породні смуги, пристрої для створення смуг із матеріалів, що твердіють, засоби підвищення опору арочного кріплення;
- ✓ до нетрадиційних способів охорони штреку в умовах нестійких порід відноситься його проходження позаду забою лави, що вимагає переходу на комбіновані системи розробки пласта;
- ✓ при якісному виконанні перерахованих вище заходів з охорони штреку можливе його повторне використання за умови наявності бічних порід 1-ї та 2-ї категорій стійкості.

У роботі [71] наголошується, що рішення з охорони гірничих виробок, наведені у галузевих та нормативних документах [100-103], у багатьох положеннях не підходять для складних умов глибоких горизонтів шахт та стійкість виробок не завжди забезпечується. Як зазначається авторами роботи [86], особливе значення має питання охорони та підтримки виробок на пластах потужністю понад 1,5 м, а для великих швидкостей просування очисних вибоїв, досвід охорони та підтримки виїмкових виробок практично відсутня.

Таким чином, для повторного використання виїмкових штреків в умовах підвищеного гірського тиску необхідно оптимізувати способи та параметри охорони штреків з урахуванням геомеханічних особливостей формування напружено-деформованих зон поблизу сполучень штрек-лава.

1.3. Мета, основні завдання та методи досліджень

Метою досліджень, що виконуються в цій роботі, є обґрунтування таких

параметрів комбінованого кріплення та запобіжних пристроїв на поєднанні «лава-штрек», за яких у гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах вугільних шахт було б можливим повторне використання конвеєрних підготовчих виробок.

Ідея роботи полягає у пошуку критерію, що дозволяє, на основі закономірностей деформування підготовчих виробок, що знаходяться в зоні впливу очисних робіт (лави), обґрунтувати конструкцію та параметри кріплення, охоронного пристрою, при яких можливе повторне використання конвеєрних штреків.

Як основний об'єкт досліджень обрано ПрАТ ШУ «Покровське».

Для досягнення поставленої мети у дисертації мають бути вирішені такі завдання:

- виконати аналіз джерел інформації в галузі існуючих засобів та способів забезпечення стійкості підготовчих виробок, що використовуються повторно;
- поставити та організувати натурні спостереження за деформаціями приконтурного породного масиву на околиці підготовчих виробок ПрАТ ШУ «Покровське»;
- вибрати та обґрунтувати на основі натурних вимірювань та проектно-кошторисних розрахунків геомеханічний критерій, що дозволяє оцінити можливість повторного використання конкретної виробки;
- виконати аналітичні дослідження напружено-деформованого стану породного масиву на околиці геомеханічної системи «лава – охоронна конструкція – виробка» для обґрунтування параметрів систем кріплення та охоронних пристроїв на поєднанні «лава-штрек»;
- розробити Рекомендації з геомеханічного обґрунтування параметрів рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок вугільних шахт та розрахувати очікуваний економічний ефект від їх впровадження. Для виконання поставлених завдань будуть використані методи планування експериментів, теорії ймовірностей та математичної статистики, механіки твердого тіла, що деформується, планування гірничих робіт.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасний стан вугільної промисловості України, обґрунтовано актуальність досліджень, виконаних у дисертації.
2. Проаналізовано заходи та кроки, вжиті державою для підвищення ефективності роботи вуглевидобувних підприємств, спрямованих на зниження витрат на видобуток вугілля, що сприяє підвищенню його конкурентоспроможності.
3. Виконано аналіз існуючих інженерних рішень та наукових досліджень у галузі повторного використання підготовчих виробок. Показано, що для повторного використання штреків в умовах підвищеного гірського тиску необхідно оптимізувати способи та параметри охорони штреків з урахуванням геомеханічних особливостей формування напружено-деформованих зон поблизу сполучень штрек-лава.
4. Визначено мету, основні завдання та методи досліджень.

РОЗДІЛ 2

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ШАХТИ

2.1. Загальні положення

Як вказувалось раніше, одним із шляхів зменшення собівартості в частині витрат на підтримку та проведення виробок є повторне використання конвеєрних штреків раніше відпрацьованої лави як вентиляційні на суміжній лаві (рис.2.1).

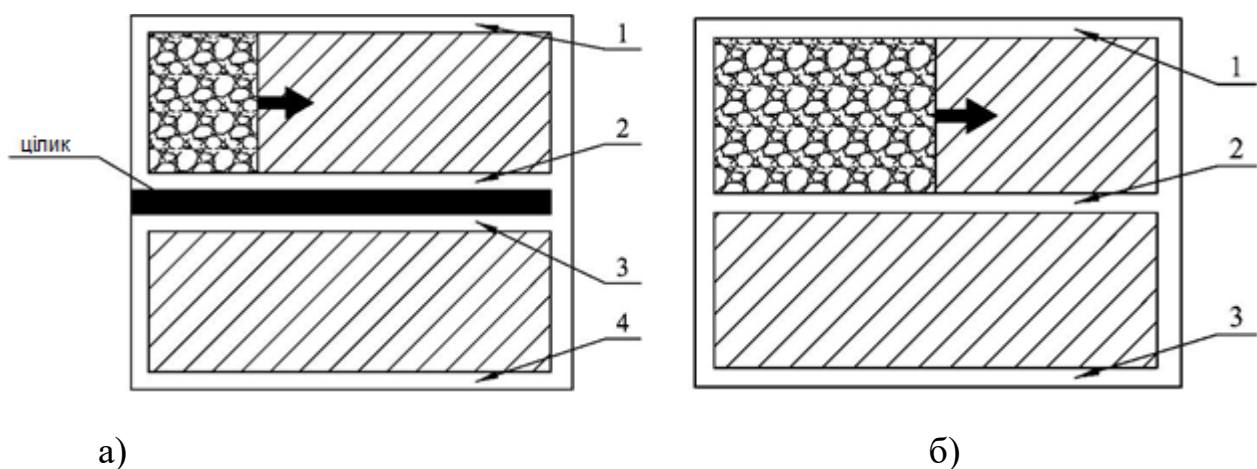


Рис.2.1. Принципова схема різних сценаріїв підготовки лав: а) з проведенням вентиляційного штреку вприсічку до конвеєрного штреку суміжної лави; 1 – вентиляційний штрек першої лави; 2 – конвеєрний штрек першої лави; 3 – вентиляційний штрек другої лави; 4 – конвеєрний штрек другої лави; б) з повторним використанням конвеєрного штреку як вентиляційного; 1 – вентиляційний штрек першої лави; 2 – конвеєрний штрек першої лави, який використовується повторно на другій лаві; 3 – конвеєрний штрек другої лави

Повторне використання конвеєрних штреків можливе лише в тому випадку, якщо витрати на приведення їх в експлуатаційний стан не перевищують вартість спорудження додаткового виробітку. Вперше завдання у такій постановці було вирішено у роботах І.М. Поповича [9,10]. Їм як критерій можливості повторного використання конвеєрних штреків у гірничо-геологічних умовах глибоких шахт ДП «Антрацит» було обґрунтовано граничне значення середньої величини зсувів

контур виробки, що дорівнює 0,4 м. Орієнтуючись на цю величину, була обґрунтована конструкція рамно-анкерного кріплення охоронної конструкції з боку лави.

Проте, слід звернути увагу, що реальні зміщення контуру підготовчої виробки, що у зоні впливу виробленого простору лави, носять несиметричний характер. При цьому практично завжди переміщення з боку лави є переважаючими, які нерідко набагато перевищують переміщення бічних порід і покрівлі. У зв'язку з цим у цих дослідженнях пропонується як критерій можливості повторного використання підготовчих виробок прийняти таку величину залишкового перерізу виробки, при якому витрати на її відновлення не перевищать вартості спорудження нової виробки. Як показують натурні вимірювання та результати анкетування, саме з цією величиною пов'язані деформації металевих рам, поломка затяжок, величина пучення порід підосви та інші дефекти у виробленні.

Таким чином, в результаті натурних досліджень повинні бути встановлені наступні залежності:

- розвитку геомеханічних процесів в основних розкривних виробках та конвеєрних штреках у часі в міру припинення вибою лави;
- збільшення обсягів основних видів ремонтних робіт від відстані до вибою лави;
- величини залишкового поперечного перерізу виробітку від відстані до лави;
- величини залишкового поперечного перерізу виробітку від геомеханічного показника умов розробки.

2.2. Вибір об'єктів, цілі та методика спостережень

Метою виконання натурних досліджень у виробках шахти було встановлення закономірностей розвитку геомеханічних процесів на околиці підготовчих виробок.

Для досягнення поставленої мети виконувались комплексні дослідження, що полягали у візуальному обстеженні низки гірничих виробок по робочому пласту, виконання інструментальних спостережень на вимірювальних станціях, а також проведення експертної оцінки стану виїмкових штреків та аналіз архівних даних.

На рис. 2.2 представлені викопування з плану гірничих робіт тих ділянок шахтного поля, на яких виконувались натурні обстеження та вимірювання.



Рис. 2.2. Фрагмент плану гірничих виробок

- Обстеження у кожному виробленні виконувалося за пікетами. У ході обстеження контролювалося:
- відповідність кріплення виробки паспорту кріплення, в т.ч. величина переборів, відсутність розклинки та забутовки, відсутність поздовжніх міжрамних стяжок;
- наявність/відсутність ускладнюючих факторів (водопрояви, вивали, обсипання);
- ступінь включеності кріплення у роботу, характер обтиснення рам кріплення;
- наявність пучення порід підпошви, його характер;
- спотворення профілю рейкової колії;

- наявність руйнувань та дефектів елементів кріплення, вид дефектів;
- спотворення контуру виробітку в місці виконання обстеження;
- виконання ремонтних робіт (перекріплення, рихтування колії, підбивка порід підосви та ін.).

Дані, отримані в ході виконання візуальних обстежень, заносилися до відомості обстеження, за основу якої взято відомості, використані в роботі К.В. Кравченка [12].

Крім якісних показників стійкості виробки, виконувався також підрахунок кількості зруйнованих рам на кожному пікеті, кількість зруйнованих затяжок і висота порід підосви, що підбиваються. Рама належала до категорії зруйнованих у разі, якщо мала місце комбінація не менше двох наступних ознак:

- руйнування замків (зрив гайок, розрив планок чи скоб);
- руйнування тіла профілю стійок кріплення чи його деформація;
- руйнування тіла профілю верхняку кріплення чи його деформація;
- велика кількість зруйнованих затяжок (більше 50%);
- просідання верхняка в замках понад паспортне значення;
- зміщення елементів кріпильної рами у виробках.

У відомість заносилися результати оцінки усередненого стану виробітку на обстеженому пікеті. Якщо значних відхилень від паспорта кріплення чи інших ознак погіршення стійкості виробки на обстежуваному пікеті виявлено був, то відомості ставилася відповідна позначка і докладні відомості з цього пікету не вносилися. Водночас, відомості про кількість зруйнованих затяжок, деформованих/зруйнованих рам та величину підбивки порід підосви фіксувалися в обов'язковому порядку.

При виконанні візуального обстеження виробок їх стан оцінювалося також відносним показником стійкості. Цей показник визначався як відношення кількості рам кріплення N на досліджуваному пікеті, що перебувають у незадовільному стані, до кількості рам N_0 на оцінюваному пікеті.

Крім якісної та загальної кількісної оцінки стану виробок програма натурних досліджень передбачала проведення інструментальних вимірювань на замірних

станціях з метою встановлення закономірностей розвитку гірського тиску у виробках, схильних до впливу очисних робіт, оскільки саме такі виробки є предметом досліджень у цій дисертації. У цьому методика виконання інструментальних спостережень має, з одного боку, бути досить простий і реалізованої за умов базової шахти, з другого боку – давати досить точний матеріал для аналізу. Відомо досить багато методик проведення натурних інструментальних спостережень, кожна з яких вирішує різні завдання [19, 25].

Для виконання даних натурних спостережень, метою яких є вивчення закономірностей розвитку деформацій контуру підготовчого виробітку в часі залежно від відстані до лави, обрано методику проведення вимірювань на контурних реперних замірних станціях. Дана методика досить апробована в різних умовах, є здійсненою в умовах вибоїв підготовчих виробок шахти і при дотриманні точності вимірювань служить джерелом інформації про величину інтегрального показника, що характеризує стан виробки та характер впливу на виробки геомеханічних процесів – зміщень контуру виробітку [28, 118]. Глибинні реперні станції в підготовчих виробках встановити неможливо у зв'язку з відсутністю на момент проведення вимірювань у вибої необхідного бурильного обладнання, здатного бурити свердловини довжиною понад 6,0 м.

Оскільки однією з вимог до замірної станції є відстеження деформаційних процесів протягом усього терміну служби підготовчої виробки, то установка її повинна здійснюватися якомога ближче до вибою виробки, що проводиться, тобто. представницькими такі дані будуть лише у разі, якщо станції розгортаються у виробленні. Виходячи з вимоги представництва проведених вимірювань, обраний об'єкт повинен бути типовим, що відображає як гірничо-геологічні, так і гірничо-технічні умови проведення підготовчих виробок. У зв'язку з цим для розгортання вимірних станцій було обрано південний та північний конвеєрні штреки південної та північної лав. Ці виробки повністю відповідають зазначеним вище вимогам і є типовими для шахти. З іншого боку, вони проводилися поблизу нижнього технічного кордону шахти, тобто. на максимальній для шахти глибині ведення гірничих робіт, в умовах, найбільш тяжких з метою забезпечення довготривалої

стійкості. Щодо завдання повторного використання виробок, обраний для інструментальних спостережень південний та північний конвеєрні штреки також є типовими об'єктами, оскільки саме конвеєрні штреки використовуються повторно як вентиляційні на суміжних лавах.

2.3. Аналіз результатів візуального обстеження в інструментальних вимірах протяжних виробок

У ході обстеження розкриваючих виробок, яке проводилося для загальної оцінки стану, встановлено, що в міру збільшення глибини позначки пікету обстеження стан усіх цих виробок закономірно погіршується, спостерігається інтенсифікація проявів гірничого тиску, особливо на ділянках впливу зон підвищеного гірничого тиску від ведення очисних робіт.

У цілому нині стан обстежених виробок слід визнати задовільним більшої частини ділянок. На деяких пікетах проводилися ремонтні роботи, пов'язані з відновленням перерізу виробок (рис. 2.5).

Як основні види проявів гірського тиску на ділянках, що знаходяться в незадовільному стані, можна назвати наступні:

- пучення порід підосви або порушення профілю колії (якщо видавлювання порід перевищує 0,3 м);
- значні деформації верхняків кріплення;
- повсюдне руйнування затяжки, переважно у покрівлі виробки;
- «завалювання» кріплення убік у зонах підвищеного гірського тиску.



Рис. 2.5. Роботи з відновлення проектного перерізу у вантажному ходку

Окремим пунктом слід виділити факти значної корозії металевих рам у зонах постійних водопроявів, часом – до 40% товщини профілю рами. Такі ділянки виявлялися в капітальних виробках нечасто (загальна довжина їх не перевищує 10% від загальної сумарної обстеженої довжини похилих виробок, що розкривають), проте стан кріплення тут слід визнати незадовільним.

Таким, наприклад, є ділянка в районі ПК92 вантажного ходка ухилу №2, стан якого показано на рис. 2.6.

Оскільки ділянка знаходиться в зоні гірського тиску, що встановився, і посилений дерев'яними ремонтинами, стан виробки тут залишається стабільно поганим. При цьому перетин виробітку не змінюється, що є підставою для інженерних служб шахти відносити цю ділянку до задовільних, що підлягають спостереженню за її станом. На момент обстеження перекріплення виробітку не планувалося, проте, водопрояви продовжуються і незабаром очікується подальше погіршення стану ходка.

Крім капітальних виробок, візуальному обстеженню піддавалися також конвеєрні та вентиляційні штреки північної та конвеєрний штрек південної лав, у ході якого встановлено, що виробки північного крила перебувають у деформованому стані стосовно виробки південного крила.



а)



б)

Рис. 2.6. Стан кріплення на ПК92 вантажного ходка ухилу №2: а) ліва сторона виробки; б) права сторона виробки

Виробки північної лави на момент виконання спостережень перебували в експлуатації і були частково погашені на ділянках за лавою, а на основній частині штреків, що залишилися, спостерігалася дія підвищеного гірського тиску, що полягала в деформаціях і руйнуваннях елементів кріплення, зменшенні перерізу виробок і пучіння порід підосви, особливо в зонах локальних водопроявів.

Огляд кріплення показав, що окрім дії гірського тиску, погіршення її стану сприяє і деякі відступи від технології зведення рамного кріплення – на низці пікетів відсутні міжрамні стяжки; на ділянках, де вплив гірського підвищеного гірського тиску ще не дається взнаки (в районі заїзду на конвеєрний штрек), можна бачити відсутність забутування в бортах виробки. У покрівлі у зв'язку з суцільним затягуванням дерев'яною затяжкою встановити наявність/відсутність забутування та якість контакту рами з породою встановити не вдалося.

Загалом загальний стан конвеєрного штреку кращий, ніж вентиляційного, незважаючи на прийняту на шахті практику проведення вентиляційних штреків вприсічку до конвеєрного штреку раніше відпрацьованої лави (у даному випадку північної лави).

У зоні впливу опорного тиску (на відстані, що не перевищує 20 м попереду лави), а також у вікні лави стан вентиляційного штреку помітно гірший за конвеєрний. Це, на наш погляд, пов'язано з тим, що, з одного боку, перетин вентиляційного штреку спочатку трохи менше, ніж конвеєрного, а з іншого боку, менше уваги приділяється підтримці верхнього сполучення лави. В результаті висота вентиляційного штреку у вікні лави не перевищує 1,5 м, а ширина – близько 2,0 м (точніші виміри зробити було неможливо).

При цьому основним видом проявів гірського тиску є пучення порід підосви. Зміщення покрівлі в порівнянні з ним невеликі (нахліст у замках не перевищує 0,7 м, тобто занадто значних просадок у замках не було) і реалізовані в основному за рахунок блокування прослизання верхняка по стійках, його заклинювання між стійкою та бортом виробки з розривом хомутів і подальшим викладанням верхняка з «укладанням» рами у бік лави (рис. 2.7).

Затяжки у покрівлі та бортах зруйновані значно (не менше 80%). Для утримання мінімально допустимого перерізу виробки через кожні 0,5 м уздовж осі штреку з відстані 10 м до лави та до ділянки погашення штреку за лавою пробиті дерев'яні ремонтини діаметром 20 см, які в зоні вікна лави частково занурені у спучені порід. У зоні сполучення з лавою щодобово здійснюється підбивка підосви на глибину не менше 40 см, породу від підбивки складають за ряд ремонтин з протилежної від вікна лави сторони виробітку (рис. 2.8). За лавою вентиляційний штрек не підтримується.

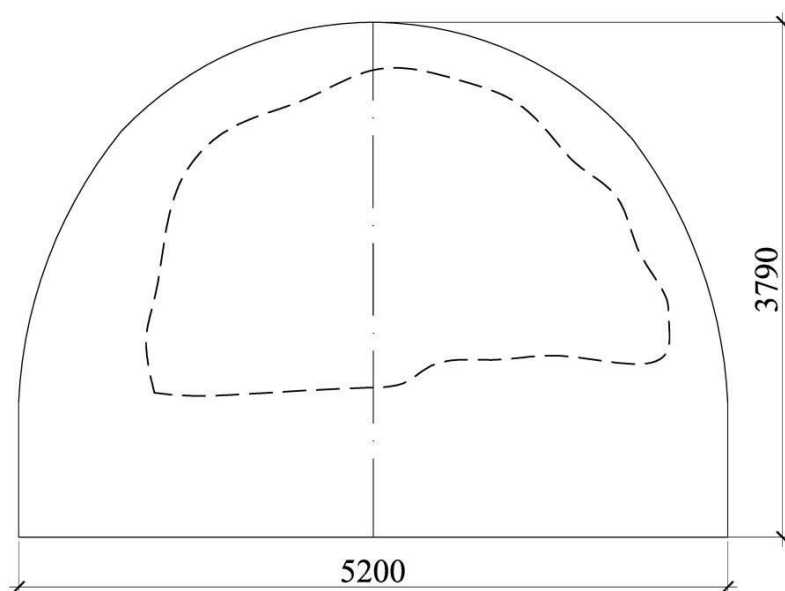


Рис. 2.7. Ескіз перерізу вентиляційного штреку на ділянці 20 м попереду лави

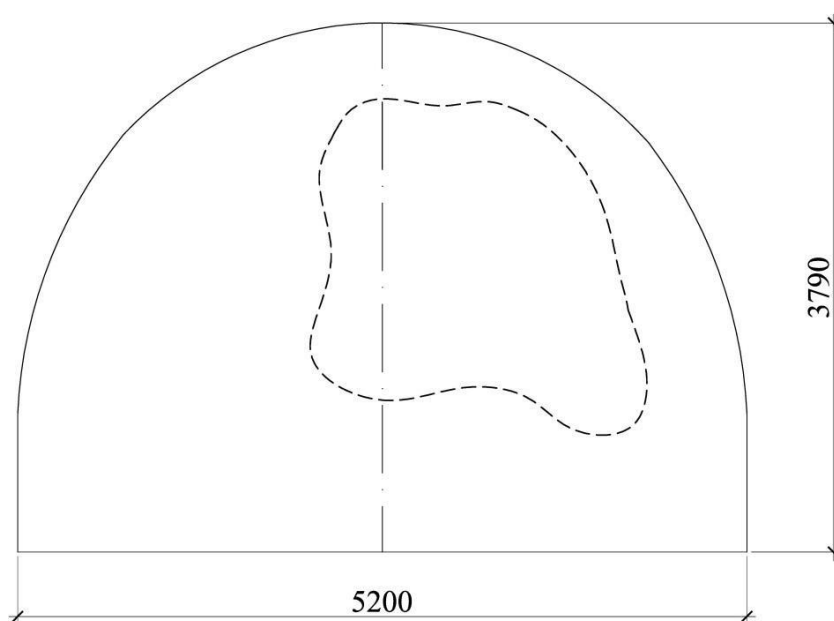


Рис. 2.8. Ескіз перерізу вентиляційного штреку біля вікна лави

Таким чином, основними видами проявів гірського тиску у північному вентиляційному штреку є інтенсивне пучення порід підшви, деформації елементів рам, розриви хомутів та руйнування затяжок.

Стан північного конвеєрного штреку на відстані від 70 м до 30 м попереду

лави загалом задовільний. Як і у вентиляційному штреку, має місце неякісна забутовка або її відсутність, у деяких місцях немає міжрамних стяжок, а посилені замки встановлені неякісно – три хомути встановлюються несиметрично, проміжний хомут часом сповзає до нижнього. На низці пікетів, приурочених до локальних водопроявлень, значно (до 50%) зруйновано затягування в покрівлі навіть на ділянках, де вплив підвищеного гірського тиску не позначається.

У зоні впливу опорного тиску стан виробки очікувано погіршується, що змушує встановлювати крім кріплення сполучення ще й додаткові ремонтини діаметром 20 см з кроком 1,0 м. В результаті вжитих заходів у зоні сполучення з лавою висота і ширина виробки на момент проведення обстеження становили ,5 м (точніше виміряти було неможливо). За лавою, починаючи вже з лінії завалу за секціями механізованого очисного комплексу, виробки не підтримується, що призводить до поступового зменшення її перетину до погашення на відстані приблизно 10 м за лавою.

Пучення в конвеєрному штреку також явно виражене і досить інтенсивно. Під вікном лави йде постійна підбивка на величину до 0,4-0,5 м і рихтування профілю рейкової колії, а також положення конвеєра. Основними видами проявів гірського тиску в конвеєрному штреку північної лави є:

- пучення гірських порід у підшві виробки;
- Деформації елементів рами кріплення;
- Розриви хомутів на замках кріплення;
- руйнування стяжок;
- локальні водопрояви, що супроводжуються погіршенням стійкості порід у покрівлі штреку та формуванням локальних зон підвищеного навантаження на кріплення штреку.

На рис. 2.9 представлений графік зміни величини показника стійкості ω , що визначається згідно з виразом (2.2), побудований для північного конвеєрного штреку. З графіка видно, що величина показника знижується в міру наближення досліджуваного пікету до лави лінійної залежності.

Це повністю відповідає результатам якісної візуальної оцінки стану

кріплення штреку. Максимальна величина показника становить 0,85 (на ПК 2), а мінімальна величина – 0,25 (на ПК 80+5, в районі вікна лави і за лавою). Виходячи з отриманої середньої величини $\omega=0,52$ стан обстежених ділянок виробки можна охарактеризувати швидше як задовільний.

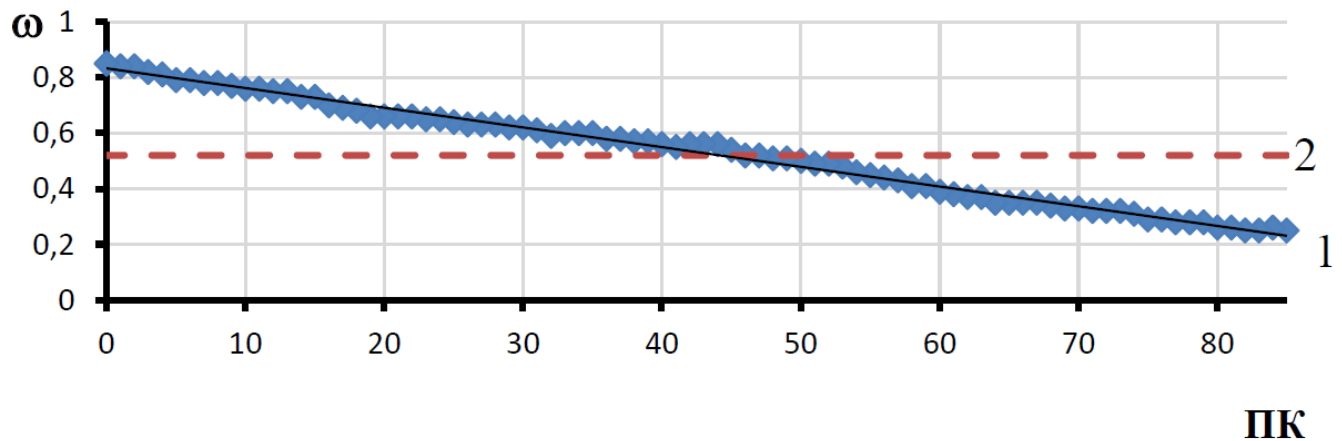


Рис. 2.9. Величини показника стійкості виробки на обстежених ділянках північного конвеєрного штреку: 1 - показник стійкості виробки, 2 - середня величина показника стійкості виробки

Аналіз результатів обстеження південного конвеєрного штреку показує таке.

Обстеження кріплення виявило часткову відсутність міжрамних стяжок, розриви хомутів у замках, розрив стійок на рівні замків, розлом затяжки покрівлі. Має місце або відсутність забутування закріпного простору, або неякісне її виконання.

На рис. 2.10 представлено стан дерев'яних затяжок у покрівлі конвеєрного штреку у районі ПК5. Такий стан затяжок є характерним протягом південного конвеєрного штреку.



Рис. 2.10. Стан елементів кріплення південного конвеєрного штреку у районі ПК5

Пучення порід підосви, як і у виробках північної лави, проявляється досить активно та повсюдно (рис. 2.11). На жаль, через регулярне підривання підосви встановити місця відсутності пучення досить проблематично.

Під час обстеження було зафіксовано окремі деформовані рами та цілі ділянки виробітку, на яких мали місце деформації рам та розриви замків. Так, наприклад, виглядають рами кріплення на пікеті ПК11 у південному конвеєрному штреку (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Деформації металевих рам кріплення на ПК11 у південному конвеєрному штреку: а) розрив планки хомута замка; б) викладання

Видно, що посилений замок із трьох хомутів не витримує гірничого тиску і планка одного з хомутів розірвана (рис. 2.12, а). Це наслідок заклинювання верхняка у замках та його викладання (рис. 2.12, б). У цьому така ситуація із замками досить характерна (див. ПК 25, рис. 2.13).



Рис. 2 .11. Стан порід підосви південного конвеєрного штреку у районі ПК15: а) спотворення профілю рейкової колії; б) форми плит порід, видавлених із підосви гірничої виробки

Рис. 2.14 ілюструє якість установки елементів кріплення у районі пікетів ПК11-ПК-15. Видно, що в окремих рамах відсутні проміжні хомути на посиленних замках рам, а встановлені хомути перекошені. На фото також видно, що величина нахлеста в замках поруч встановлених рам різна.



Рис. 2.14. Стан замків південного конвеєрного штреку у районі ПК11-15

Такий монтаж замків рам не тільки не сприяє підвищенню її несучої здатності, а й значно знижує її. Все це, а також встановлені факти відсутності або неякісної забутовки та мала кількість точок розклинки рами, вказує на низький рівень культури виробництва, що є радше організаційним недоліком, ніж технічним чи гірничо-геологічним ускладненням, який може бути усунений належним контролем якості виконання робіт та достатнім постачанням вибою комплектуючими.

На ПК30-ПК32 зустріли ділянку, де зафіксовано спотворення контуру виробки як «завалювання» кріпи вправо, дивлячись на забій штреку (див. рис. 2.15). Поблизу цього пікету мали місце деформації стійок кріплення у вигляді спірального закручування (рис. 2.16).



Рис. 2.15. «Завалювання» рам кріплення в південному конвеєрному штреку



Рис. 2.16. Кручення стійки рамного сталевого кріплення південного конвеєрного штреку у районі ПК30-ПК32

На рис. 2.17 представлений графік зміни величини показника стійкості ω , який визначається згідно з виразом (2.3), побудований для південного конвеєрного штреку. Ця залежність, як і для конвеєрного штреку, є лінійною:

Максимальна величина показника становить 0,95 (на ПК 2), а мінімальна величина – 0,29 (на ПК 110, в районі вікна лави). З отриманої середньої величини $\omega=0,62$ стан обстежених ділянок виробки можна охарактеризувати як задовільний.

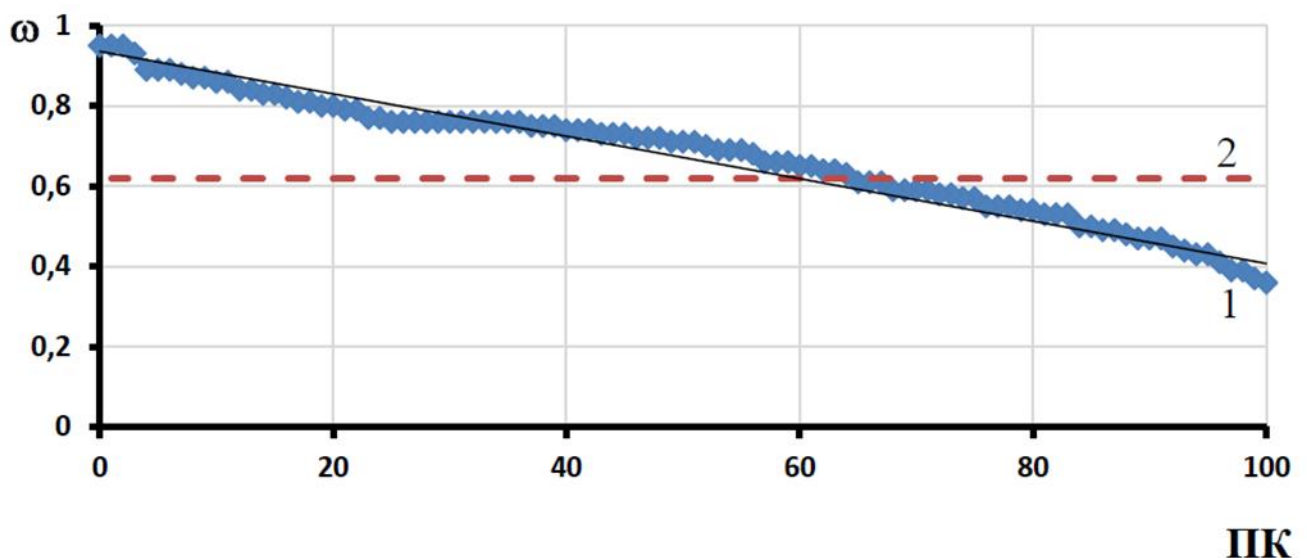


Рис. 2.17. Величина показника стійкості виробки на обстежених ділянках південного конвеєрного штреку: 1 - показник стійкості виробки, 2 - середня величина показника стійкості виробки

В цілому, гірничо-геологічні умови, в яких проводяться і експлуатуються

підготовчі виробки північної та південної лав, можна охарактеризувати як відносно складні через слабку стійкість порід, що вміщують, наявність зон поширення «хибної покрівлі», розмивів пластів, зон поширення нестійкої в умовах обводнення підшви, а також зон впливу тектонічних порушень

За результатами попереднього обстеження до основних видів деформацій порід та кріплення в обстежених виробках можна віднести:

1. Зменшення перерізу виробки у вертикальному напрямку.
2. Зменшення перерізу виробітку в горизонтальному напрямку.
3. Пучення порід підшви різної інтенсивності.
4. Прогин шарів порід у бік виробітку.

5. Деформування верхняка та стійок кріплення, розрив замкових з'єднань. На підставі аналізу гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов проведення та експлуатації протяжних виробок на шахті, відомостей про фактичний стан виробок, маркшейдерської служби шахти, до основних ускладнюючих факторів, які значною мірою впливають на умови проведення та підтримка гірських виробок, насамперед слід зарахувати:

1. Наявність слабких порід, що вміщують, схильних до обвалення і пучення, а також до різкої втрати стійкості навіть при незначному розмоканні.
2. Збільшення глибини розробки, що провокує даних гірничо-геологічних умов нелінійне погіршення стійкості гірничотехнічних об'єктів.
3. Непрогнозовані дрібноамплітудні геологічні порушення на околиці досліджуваних виробок.
4. Відносно високий рівень концентрації гірничих робіт.
5. Неповна відповідність застосовуваних нині засобів забезпечення тривалої стійкості гірничих виробок умов їх експлуатації.

2.4. Економічне обґрунтування доцільності повторного використання конвеєрних штреків

Розрахунок вартості ремонту конвеєрного штреку для подальшого повторного використання виконувався з використанням програмного комплексу «Будівельні технології-СМЕТА» на підставі розпоряджень нормативних «Правил визначення вартості будівництва» [120]. Такий розрахунок дозволяє отримати середні обсяги витрат на будівництво та/або ремонт підземних гірничих виробок, використовуючи усереднені норми витрати матеріально-технічних та трудових ресурсів гірничодобувних підприємств України. Норми для конкретних шахт можуть дещо відрізнятися від нормативних, проте більш доречні визначення об'єктивних вартісних параметрів у масштабах вугледобувного об'єднання чи галузі загалом. Використовувана методика розрахунку вартості робіт є рекомендованою Держбудом України та неодноразово використовувалася при виконанні інших досліджень [8,9, 21,22].

Перелік ремонтно-відновлювальних робіт, виконання яких потрібне для відновлення нормального функціонального стану конвеєрного штреку у разі його повторного використання, включає:

- Зняття пошкоджених рам кріплення;
- Зняття пошкоджених затяжок;
- прибирання випусків породи, що відшарувалася;
- Встановлення нових рам кріплення;
- Затяжка міжрамного простору;
- Часткове розбирання рейкового шляху;
- Зведення багатьових опор для рейкової колії;
- підривку порід підосви відбійними молотками;
- Відновлення рейкового шляху;
- Облаштування водовідливної канавки.

Обсяги робіт на зняття пошкоджених рам кріплення, затягування та підривки визначалися за результатами спостереження за станом південного конвеєрного

штреку (рис. 2.25). При розрахунку збирання випущеної породи виходили з того, що мінімальна глибина розшарування масиву на контурі за даними спостережень становила 350 мм, а в покрівлі виробітку на кожному пікеті мав місце в середньому один вивал об'ємом не менше 2,5 м³. Випуск породи передбачався лише на тих ділянках, де здійснювалася заміна кріплення.

Підrivка порід підшви заввишки від 0,7 до 2,1 м передбачалося здійснювати по всій довжині пікету. Ремонт рейкової колії передбачався по всій протяжності пікету (1ПК=10 м), і зумовлювався необхідністю виконання підrivки. Обсяг витрати дерева на багаття під рейковий шлях розраховувався виходячи з висоти підrivки.

На будівництво ділянки нового вентиляційного штреку завдовжки 10 м та ремонту аналогічного по довжині ділянки на підставі даних моніторингу за станом конвеєрного штреку було сформовано локальні кошториси.

Аналіз залежності вартості ремонту штреку від площі залишкового перерізу (рис. 2.33 а), отриманої після обробки вартісних параметрів локальних кошторисів, показує наступне.

Цінність залежності (2.15) полягає у можливості отримання на стадії проектування конкретної чисельної величини залишкового перерізу повторно використовуваної виробки, виходячи з вартості додаткового (нового) вентиляційної виробки.

Перпендикуляр до осі абсцис, що проходить через точку перетину залежності з лінією, що відображає величину витрат на будівництво нового штреку, по суті поділяє графік на дві області. В області праворуч від розмежувального перпендикуляра доцільним є ремонт виробки для її подальшого повторного використання, якщо розрахункове значення витрат на ремонтні роботи потрапляє в ліву область, економічно ефективним є будівництво нового штреку.

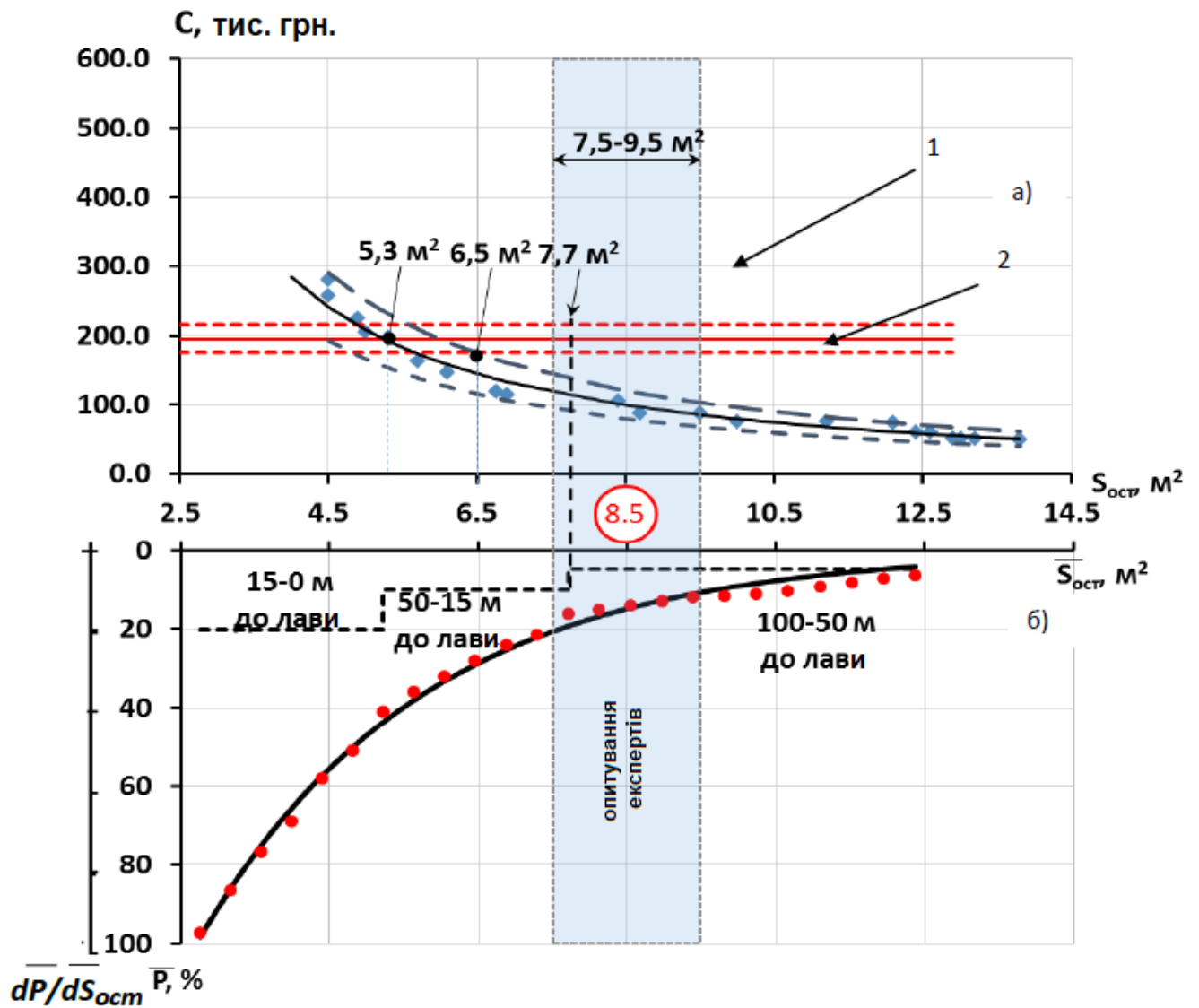


Рис. 2.33. До обґрунтування критеріальної величини залишкового перерізу штреку: а) залежності вартості ремонтно-відновлювальних робіт та проходження нового виробітку від величини залишкового перерізу 2) вартість будівництва нового присічного вентиляційного штреку; 1) вартість ремонтно-відновлювальних робіт конвеєрного штреку, який передбачається використати повторно; б) залежність середньої частки ремонтів та їх інтенсивності від середньої залишкової площі

При площі залишкового перерізу на рівні вікна лави, що дорівнює $5,3 m^2$, вартість ремонтно-відновлювальних робіт стає рівною вартості проведення нового штреку та подальше зменшення перерізу штреку робить його повторне використання недоцільним з економічних міркувань. Також слід враховувати, що реальна вартість проведення нового штреку та ремонтно-відновлювальних робіт

може коливатись у межах 20 %. Тоді, з урахуванням розкиду цін, для найгіршої ситуації (мінімальна вартість проходки та максимальна – ремонтів) залишковий перетин на рівні вікна лави становитиме 6,5 м². Як зазначалося вище, за довжиною виробітку можна виділити три ділянки, на яких має місце різна інтенсивність ремонтних робіт (див. рис. 2.31). З урахуванням встановлених раніше залежностей розвитку геомеханічних процесів на околиці виробки для випадку переходу від зони І до зони ІІ, що виражається стрибком інтенсивності деформаційних процесів та зростанням обсягів необхідних ремонтів. (див. рис. 2.33,б), необхідний залишковий перетин становитиме вже не менше 7,7 м². Ця ділянка має особливе значення з точки зору оцінки повторного використання виробки, тому що відображає ситуацію, коли стан виробітку вперше досить різко змінюється у бік зниження стійкості. Якщо залишковий перетин у виробленні вдасться зберегти на рівні цього першого стрибка інтенсивності ремонтних робіт, слід очікувати мінімального необхідного обсягу ремонтно-відновлювальних робіт.

Нарешті, аналіз результатів опитування експертів показує, що доцільно розглядати проведення ремонтно-відновлювальних робіт для повторного використання штреку при залишковій площі виробітку у світлі від 7,5 до 9,5 м². Тобто. середня величина залишкового перерізу (на думку експертів) має становити не менше 8,5 м² (див. рис. 2.33).

Сукупний аналіз наведених оцінок залишкового перерізу дозволяє зробити висновок, що як критеріальна величина економічної раціональності повторного використання штреку раціональним слід прийняти той залишковий переріз, при якому:

- вартість ремонтів буде меншою, ніж вартість проведення нової виробки;
- Його величина не перевищує деяку граничну за інтенсивністю ремонтних робіт;
- воно потрапляє до діапазону, вказаного експертами.

Такій величині відповідає залишкова площа виробки у світлі, що дорівнює 8,5 м² (рис. 2.33).

Таким чином, у гірничо-геологічних умовах шахти площа залишкового

поперечного перерізу конвеєрних штреків не залежить від показника розробки θ , змінюється за квадратичним законом у міру наближення очисного вибою та за величиною 8,5 м² є критерієм економічно доцільного повторного використання виробки, що дозволяє на цій основі обґрунтовувати параметри базового варіанта системи кріплення штреку та охоронної конструкції на сполученні «лава-штрек».

ВИСНОВКИ

1. Натурні обстеження стану конвеєрних штреків на шахті показали, що ремонтні роботи складаються, в основному, із заміни дерев'яних затяжок, пошкоджених елементів арочного кріплення та ліквідації наслідків пучення порід підпошви.

2. Виробки північного крила мають нижчу стійкість, ніж виробки південного крила з допомогою складніших умов експлуатації.

3. До основних ускладнюючих факторів, які значною мірою впливають на умови проведення та підтримання гірничих виробок, насамперед слід зарахувати:

- Наявність слабких вміщуючих порід схильних до обвалення та витріщання, а також до різкої втрати стійкості навіть при незначному розмоканні.
- Збільшення глибини розробки, що провокує для цих гірничо-геологічних умов нелінійне погіршення стійкості гірничотехнічних об'єктів.
- Непрогнозовані дрібноамплітудні геологічні порушення на околиці досліджуваних виробок.

4. Відносно високий рівень концентрації гірничих робіт.

5. Неповна відповідність застосовуваних нині засобів забезпечення тривалої стійкості гірничих виробок умов їх експлуатації.

4. В основному втрата перерізу північного конвеєрного штреку досягається за рахунок вертикальних зсувів, максимальна величина яких у 3,7 разів вища, ніж бічних. Загалом, з урахуванням величини виміряних переміщень та характеру спотворень контуру виробітку (рис. 2.19), зменшення перетину північного конвеєрного штреку склало 61% – з 12 м² у місці встановлення вимірної станції до

4,7 м² у районі вікна лави.

5. Загалом зміщення, зафіксовані у південному конвеєрному штреку, за абсолютною величиною менше, ніж у північному конвеєрному штреку, як вертикальні, і горизонтальні. Ці факти узгоджуються із загальною картиною оцінки стану виробок, отриманої під час візуального обстеження.

6. У міру наближення до лави відносний залишковий переріз виробки зменшується за статечним законом з паспортної величини на відстані 100 м до лави до певного мінімуму у вікні лави.

7. Встановлено, що саме залишковий переріз може бути тим критерієм, який характеризує доцільність виконання ремонтно-відновлювальних робіт у конвеєрному штреку для його повторного використання на суміжній лаві, а не проведення нового присічної виробки. Висновок про доцільність виконання ремонтів замість проведення нової виробки може бути отриманий тільки на основі економічної оцінки вартості обох варіантів.

8. Критеріальною величиною економічної раціональності повторного використання штреку буде залишкова площа у світлі 8,5 м², при якій вартість ремонтно-відновлювальних робіт 1 метра виробітку в 1,8 раза нижча, ніж вартість проведення 1 метра нового штреку.

9. У гірничо-геологічних умовах шахти площа залишкового поперечного перерізу конвеєрних штреків не залежить від показника розробки θ , змінюється за квадратичним законом у міру наближення очисного вибою і при величині 8,5 м² є критерієм економічно доцільного повторного використання виробки, що дозволяє на цій основі обґрунтовувати параметри базового варіанту системи кріплення штреку та охоронної конструкції на парі «лава-штрек».

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМ «ПІДГОТОВЧА ВИРОБКА – КРІПЛЕННЯ – ПОРОДНИЙ МАСИВ»

3.1. Обґрунтування методу та вибір інструменту чисельного моделювання

Дослідження ПДВ масиву гірських порід, що вміщує виробка, є досить складним завданням. Це з тим, що є ряд чинників, які впливають ПДВ породного масиву та його облік у аналітичних дослідженнях досить утруднений.

Часто для скорочення обсягу обчислень дослідники спрощують розрахункові схеми шляхом введення різних припущень, проте це водночас значно віддаляє результати, що отримуються від реальних.

З усього різноманіття існуючих методів оцінки ПДВ масиву гірських порід слід вибрати такий, який за мінімальних спрощень і оптимальних витрат часу дозволить з максимальним ступенем реальності відобразити процеси, що відбуваються навколо гірничого виробки.

У літературі наведено досить велику кількість робіт, пов'язаних із застосуванням класичних механічних моделей до задач геомеханіки [15, 13, 12 та ін.]. Вирішення задач механіки засноване на застосуванні наближених методів обчислень, методів матричної та лінійної алгебри.

Серед чисельних методів вирішення завдань найбільшого поширення набули метод кінцевих елементів (МКЕ), метод граничних елементів (МГЕ), метод дискретних елементів (МДЕ).

Автором [13] використаний досить простий для чисельної реалізації метод Галеркіна, в якому компоненти напруг та переміщень представляються у вигляді подвійних сум тригонометричних та експоненційних функцій. Проте, у цій роботі розглядається лише однорідний масив.

Використання методу кінцевих різниць у явній формі для вирішення задач геомеханіки виконано такими авторами, як Синелайром Т.С. та ін [14], метод власних деформацій описаний [15]. Автором [16] запропоновано метод сітчастої

моделі для дослідження картини розподілу напружень у масиві гірських порід, що виявляються внаслідок ведення гірських робіт. Даний метод передбачає дискретизацію області масиву на кінцеве число прямокутних елементів з розмірами 10×10 м та розв'язання системи рівнянь рівноваги сил, що діють на кожен елемент. Однак при такій густоті сіток можна отримати лише дуже наближену якісну картину розподілу напружень, зменшення розмірів елементів значно збільшує час розрахунку.

Автори [17] запропонували вдосконалений метод розрахунку ПДВ за допомогою просторових ґрат. Тут враховується власна вага елементів, куди розбивається область, що дає значні переваги цього у порівнянні з іншими методами, використовуваними на вирішення завдань геомеханіки.

Метод кінцевих елементів є одним із досить простих та універсальних методів розв'язання задач механіки, у тому числі й механіки гірських порід [15, 14]. До переваг даного методу можна віднести можливість використовувати різні типи та розміри елементів, вузлові точки можуть розташовуватися довільно, а їх кількість може регулюватися [14]. Є можливість для кожного кінцевого елемента задавати практично не обмежену кількість параметрів для точного опису його поведінки, що відповідає властивостям гірських порід. Відповідно до інтегральної форми, виведення жорстких характеристик елемента можна досягти кращих наближень до заданих граничних умов. Що стосується завдань механіки гірських порід спосіб кінцевих елементів дає можливість найбільш природно враховувати структурні особливості гірського масиву, такі як неоднорідність, тріщинуватість, шаруватість та інші. Так само до переваг МКЕ можна віднести і те, що після постановки конкретного завдання та апроксимації досліджуваної області кінцевими елементами процес подальшого розрахунку будується за стандартним зразком. Так само МКЕ дозволяє аналізувати дискретні та континуальні системи.

При розв'язанні задач з МКЕ можна виділити такі основні етапи:

- побудова функціоналу;
- розчленування системи на кінцеві елементи, для кожного з яких ставиться у відповідність їх фізико-механічні характеристики;

- вибір координатних функцій;
- побудова матриць жорсткості;
- приведення місцевого навантаження для кожного кінцевого елемента;
- побудова канонічних рівнянь та їх вирішення;
- визначення напружено-деформованого стану досліджуваної області.

Зазвичай всі ці етапи автоматизовані як такого собі програмного пакета, реалізує МКЭ.

Що стосується вирішення плоскої завдання про протяжному гірський виробці, досліджувана область є переріз виробки, перпендикулярне її поздовжньої осі, розбите на плоскі трикутні чи чотирикутні елементи одиничної товщини h , взаємодіючі між собою через точки, що стикаються – вузли. В межах кожного кінцевого

елемента масив передбачається однорідним та пружним. Всі види навантажень, що діють на досліджувану область та формують у ній певний напружено-деформований стан, призводять до статично еквівалентних сил, прикладених у вузлових точках. На зовнішньому контурі області масиву, що розглядається, і на контурі виробки задаються поверхневі сили

Метод кінцевих елементів дозволяє розглядати напруження та переміщення в неоднорідних середовищах, досліджувати, наприклад, взаємодію кріплення з навколишнім породним масивом, враховуючи при цьому реальну форму досліджуваної області та деформаційні показники кріплення та масиву. У свою чергу, породний масив, що містить закріплену або незакріплену виробку, може мати ділянки з різною жорсткістю, пов'язані з особливостями його структури та неоднорідністю складу гірських порід. Щоб повною мірою врахувати неоднорідність породного масиву параметрам кожного елемента чи групи елементів можна надавати різні значення, зокрема випадкові, які можуть бути згенеровані відповідно до певного законом розподілу [15-16].

Введена в розрахункову схему вихідна інформація складається з наступних параметрів: кількість кінцевих елементів, на які розбивається область, що досліджується; загальна кількість вузлів, що утворюються при цьому розбиття та

координати цих вузлів; число типів елементів із різними фізико-механічними властивостями; значення фізико-механічних властивостей для кожної групи елементів, значення напруги та переміщень, що характеризують граничні умови.

Таким чином, виходячи з аналізу можливостей різних чисельних методів стосовно задач геомеханіки, для виконання досліджень, яким присвячена справжня дисертація, раціональним буде використання методу кінцевих елементів.

Розрахунки можуть виконуватись у будь-якому програмному пакеті, що реалізує МКЕ, але найбільш зручним є використання програм, розроблених спеціально для вирішення геомеханічних завдань, тому в даному випадку розрахунки виконувались з використанням програмного комплексу (ПК)

"Phase2", розробленого лабораторією геомеханіки Rocscience. При цьому гірські породи моделюються у вигляді шаруватого середовища, що допускає непружні деформації. Алгоритм МКЕ, реалізований у ПК «Phase2», дозволяє визначати ПДВ досліджуваної області масиву різних стадіях розвитку гірничих робіт. При цьому компоненти ПДВ, отримані на попередній стадії, враховуються на наступному етапі рішення.

3.2. Методика виконання чисельного моделювання геомеханічних систем «підготовча виробка – кріплення – породний масив»

В даний час Національний гірничий університет використовується досить багато ліцензійних програмних продуктів для вирішення різних задач геомеханіки, розроблені різними компаніями. Ці програми мають великі можливості і добре апробовані для вирішення різних геомеханічних завдань (ANSIS, Solidworks, Flac3D, Phase-2 та ін.). Для обґрунтування можливості застосування програмного продукту "Phase-2", прийнятого в цій дисертації для виконання математичного моделювання було поставлено та вирішено кілька верифікаційних завдань, для кожного з яких є відоме аналітичне рішення.

Для оцінки достовірності алгоритму пружних завдань була вирішена відповідна задача про розподіл напружень в околиці отвору круглої форми, що

послаблює пластину з однорідного ізотропного матеріалу, за зовнішнім контуром якого рівномірно розподілено навантаження інтенсивністю, H , а по внутрішньому - відсіч крєп0. Аналітичне вирішення даної задачі викладено в [5], де для найпростішого випадку отримано формули для визначення тангенціальних.

Рівняння (3.6) точно відповідають вирішенню задачі Ламе для визначення напружень в товстостінній трубі, навантаженої зовнішнім і внутрішнім тиском [11].

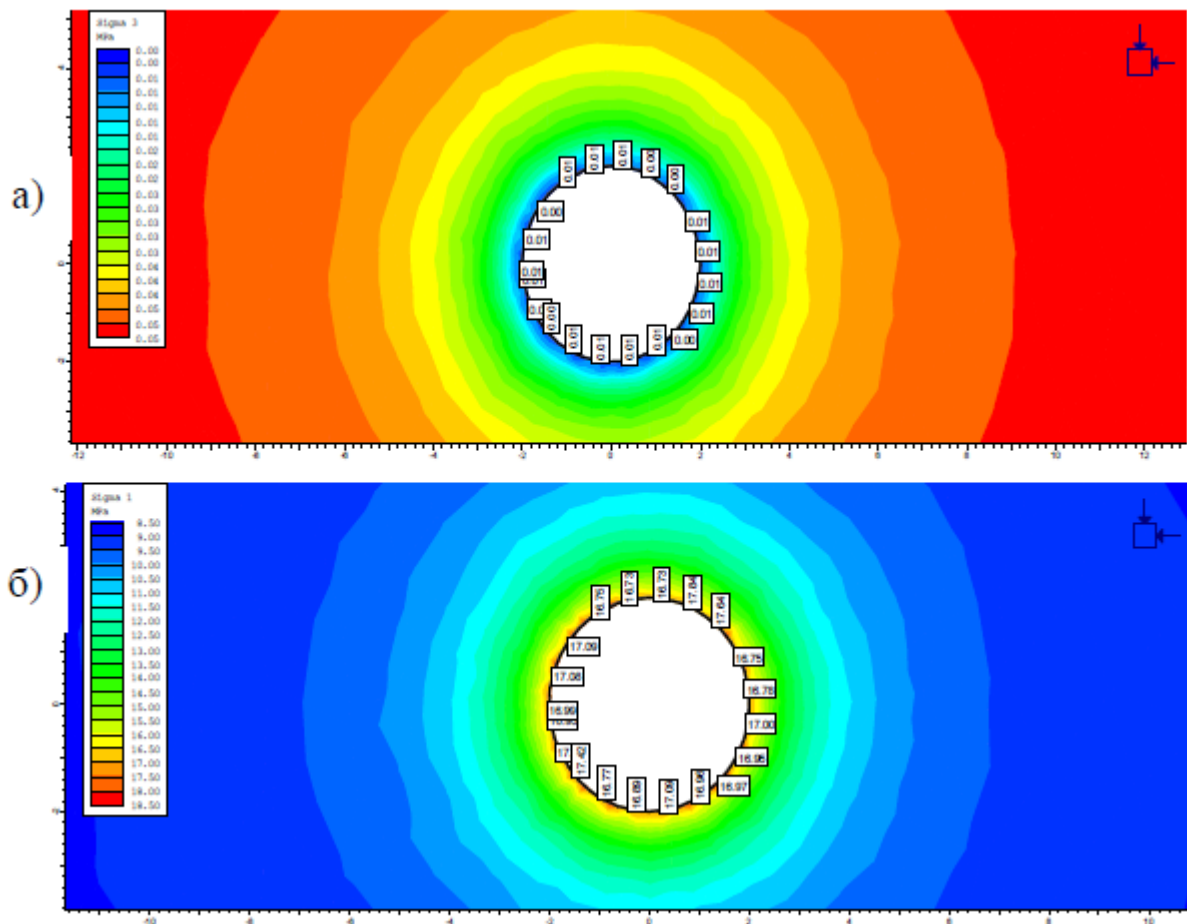


Рис.3.1. Розподіл радіальних (а) та тангенціальних (б) напруг на контурі круглої виробки при вирішенні пружного завдання

У такій постановці з використанням ПК “Phase-2” було вирішено чисельне завдання, результати якої представлені на рис. 3.1.

Пружнопластична задача плоского деформування для однорідного середовища навколо горизонтальної виробки круглої форми.

[25,59,182] наведено аналітичне рішення пружнопластичної задачі плоского

деформування для однорідного середовища навколо горизонтальної виробки круглої форми. Розглядалося довга горизонтальна виробка, яке пройдено в однорідному та ізотропному породному масиві. Граничні умови для даної задачі аналогічні до умов, заданих при вирішенні пружного завдання в п. 3.2.3. даної дисертації: до контуру виробки прикладено розподілене навантаження p_0 , що дорівнює відсічі кріплення, на нескінченності; об'ємно-напружений стан – гідростатичний. Розрахунок проводився із застосуванням узагальненого критерію Хока – Брауна. Визначалися відносний радіус області непружних деформацій rL та радіальні зміщення на контурі виробки U_0 . Розрахункова схема, завдання наведено на рис.3.2.

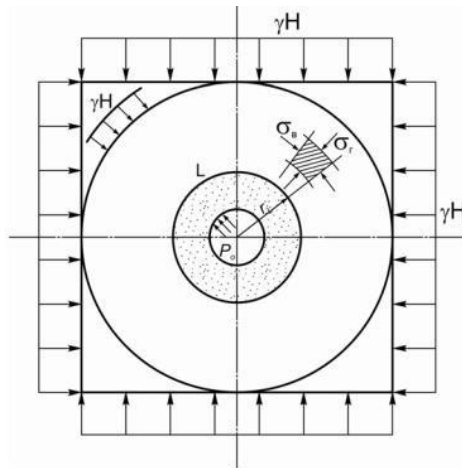


Рис. 3.2. Розрахункова схема до визначення напруг в околиці горизонтального виробітку (пружнопластична задача) [2]

Виходячи з наведених вище виразів для визначення параметрів пружнопластичного стану породного масиву в околиці одиночної виробки [25, 55, 182], можна встановити точкові значення імовірнісних за своєю природою величин: радіусу області непружних деформацій rL і радіальних зміщень на контурі виробки U . В [25] для конкретного випадку (глибина розташування виробки $H = 350$ м; межа міцності на одновісне стиснення

При виконанні чисельного моделювання в ПК “Phase-2” були використані ті самі вихідні дані та створювалася розрахункова схема, максимально наближена до наведеної на рис.3.2. На рис. 3.3. показано її кінцево-елементну реалізацію.

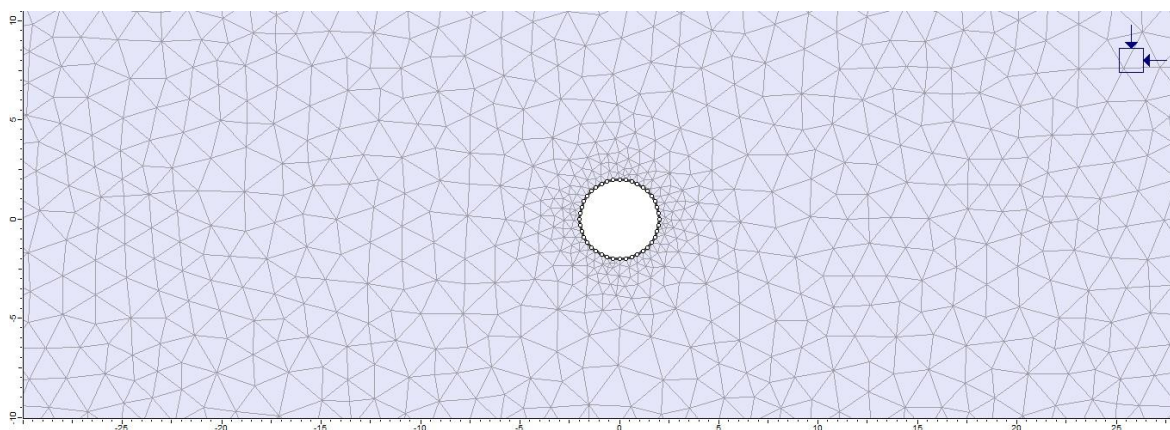
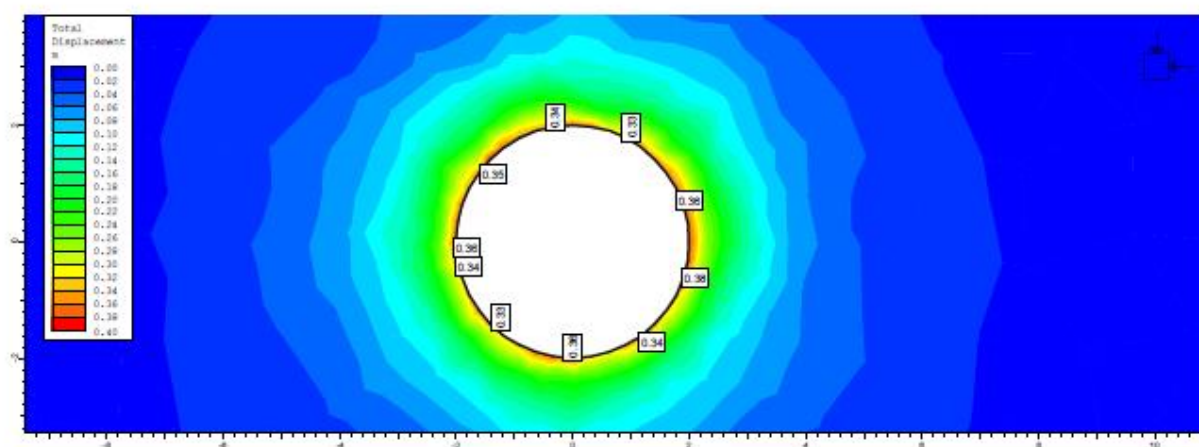
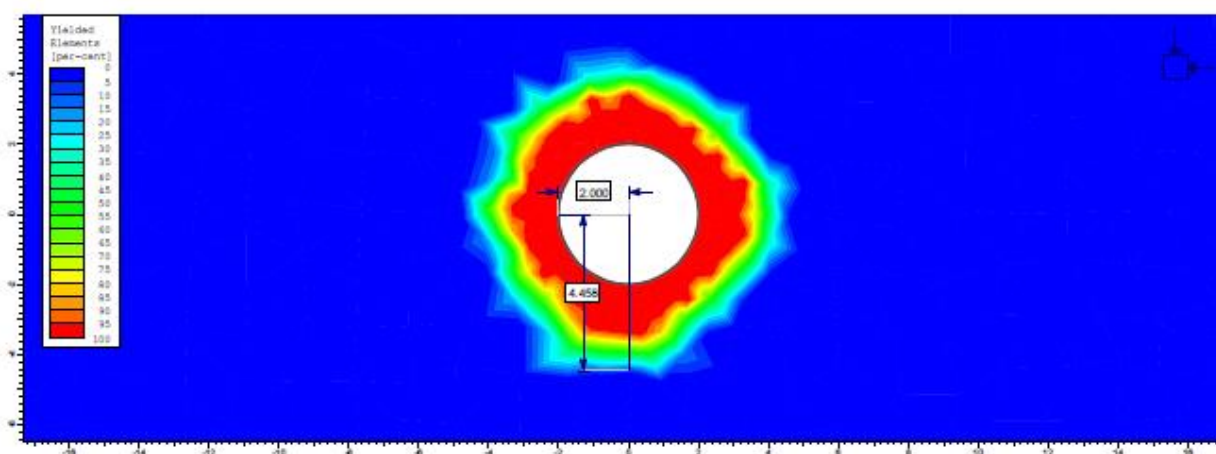


Рис. 3.3. Звичайно-елементна реалізація розрахункової схеми до задачі про визначення напружень в околиці горизонтальної виробки



а)



б)

Рис 3.4. Зміщення на контурі виробки (а) і область руйнування (б) при навантаженні одиночної виробки круглої форми.

Результати виконаного чисельного моделювання цієї верифікаційної задачі представлені малюнку 3.4.

Аналіз розрахунків показав, що середнє значення величини радіальних переміщень на контурі виробітку становить 0,35 м., а величина відносного радіусу області непружних деформацій r_L дорівнює 2,23. Тобто, порівнюючи отримані результати з аналітичними, можна зробити висновок, що розбіжності не перевищують 4% U_0 і 3% для r_L , що є допустимою похибкою.

3.3. Розробка розрахункових схем та чисельних моделей досліджуваних геомеханічних систем

Існуючі заходи щодо охорони південного конвеєрного штреку в районі сполучення з вікном лави не забезпечують належних умов для безперебійної роботи очисної ділянки – є значні зсуви контуру, руйнування кріплення штреку в районі сполучення, пучення порід підосви. Як показує існуючий практичний досвід, в даному випадку необхідна розробка комбінованих охоронних систем, які повинні включати в роботу системи кріплення і породний масив, що вміщує виробку.

Для виконання поставлених у дисертації завдань, а саме – обґрунтування можливості повторного використання конвеєрних штреків, необхідно враховувати усі етапи їх експлуатації. Першим етапом є проведення виробки і обтиснення кріплення породним контуром, що зміщується. Другий етап - експлуатація виробітку після включення кріплення в роботу до попадання виробки в зону впливу опорного тиску очисного вибою. Третій етап – експлуатація виробітку в зоні впливу очисних робіт, біля вікна лави та за лавою.

Розглянемо геомеханічну систему «виробка-масив» за умов підтримки нижнього сполучення південної лави.

Анкерне кріплення, на відміну від кріплення підтримуючого типу, відразу ж після установки забезпечує зв'язування та зміцнення масиву гірських порід у покрівлі та боках виробки та активно протидіє розвитку зсувів. Одним із

ефективних видів реалізації анкерного кріплення є схема поетапного анкерування з використанням двох рівнів установки анкерів за глибиною приконтурного масиву.

Сутність поетапного кріплення виробок анкерним кріпленням полягає у поділі процесу кріплення покрівлі в часі та просторі на два (в даному випадку) етапи, тобто в вибої встановлюють мінімально необхідну частина анкерів для забезпечення стійкості, з подальшим доведенням її до паспортної, на певній відстані від вибою [5].

Для того, щоб обґрунтувати параметри анкерних систем (кількість, місця та послідовність їх установки), раціональні в конкретних гірничо-геологічних умовах, виконаємо чисельне моделювання з метою встановлення впливу різних варіантів встановлення анкерів на ПДВ геомеханічної системи «кріплення-виробка-масив». Схеми розташування анкерів у чисельних моделях і порядок їх введення в модель наведено в таблиці 3.3, схема розташування анкерів за контуром виробки в групі задач, що розглядається, представлена на рис. 3.5. При цьому у всіх випадках охоронний елемент представлений дерев'яними багаттями з круглого лісу, як це передбачено у проекті спорудження.

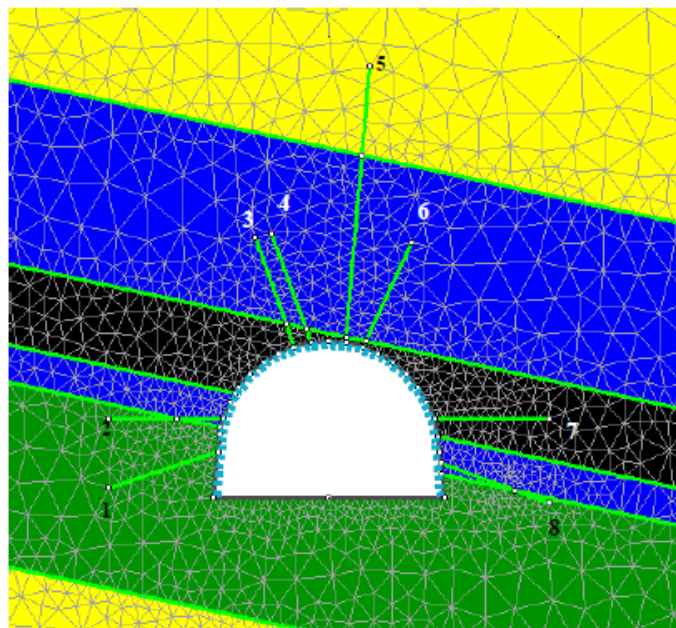


Рис. 3.5. Схема розташування анкерів по контуру виробітку в аналізованій групі задач: 5 - канатний анкер довжиною 6 м; 3,4,6,7 – сталеві анкери завдовжки

2,4 м, 1-2, 8 – дерев'яні анкери завдовжки 1.5 м

Етапи експлуатації штреку, що відповідають його проходженню та роботі поза зоною впливу лави після включення в роботу рамного кріплення та анкерного кріплення першого рівня, моделювалися при багатостадійному рішенні за 20 перших стадій.

Для моделювання етапу експлуатації штреку в зоні впливу очисних робіт (ЗР), завдання додано 7 стадій, тобто загальна кількість розрахункових стадій становить 27.

Облік впливу опорного тиску у відповідних завданнях здійснювався введенням у граничні умови коефіцієнта концентрації напруг, величина якого від стадії до стадії змінювалася, досягаючи максимальної величини, що дорівнює 1,5 при стадії 27 - «становище за вікном лави». Розмір цього коефіцієнта прийнято з досліджень [4, 5].

При чисельному моделюванні одиночної виробки поза зоною впливу очисних робіт багатостадійним методом та шляхом «навантаження» масиву та шляхом його «розвантаження» (методика наведена у п.3.2.), результати, отримані при вирішенні завдання, були ідентичними. У разі обліку впливу лави результати при моделюванні способом «розвантаження» показали меншу збіжність з натурними вимірами, ніж спосіб поступового «навантаження». У зв'язку з цим у подальших розрахунках використано метод «навантаження».

На чисельних моделях було розглянуто 18 варіантів реалізації кріплення та засобів охорони конвеєрного штреку в районі сполучення з лавою (табл.3.1). При цьому відпрацьовувався варіант дворівневої анкерної системи: стандартні сталеполімерні та дерев'яні анкери, встановлені безпосередньо в привибійній частині штреку при його проході, становили перший рівень системи, а додаткове анкерування на основі канатних анкерів, що встановлюється при наближенні лави до ділянки виробки, що розглядається, - другий рівень. Стандартне рамне кріплення КМП-А3 також встановлюється.

Для вирішення поставленої задачі використовувався постадійний метод «навантаження», що включає 27 етапів розрахунку. На першій стадії виконувалося

чисельне моделювання незайманого масиву, на п'ятій стадії виконувалось моделювання установки анкерів 1-го рівня (у вибої), також на 5 стадії моделювалася установка рамного кріплення, на 15 стадії - встановлення в модель анкерів 2-го рівня – канатного (6) та сталевго анкера (7), встановлених у покрівлю виробітку (див. рис. 3.6).

На рис. 3.6 наведено кінцево-елементні моделі для завдання про переміщення на контурі виробки для I та II етапів (рис. 3.6, а) та для III етапу експлуатації виробки (рис. 3.6, б).

Стадії з 20 по 23 відображали спільну роботу кріплення I та II рівнів на ділянці, коли вплив лави ще не позначається. Стадії з 24 по 27 моделювали наростання опорного тиску і прохід лави через ділянку штреку. Тобто, стадія №27 відповідала стану штреку за вікном лави.

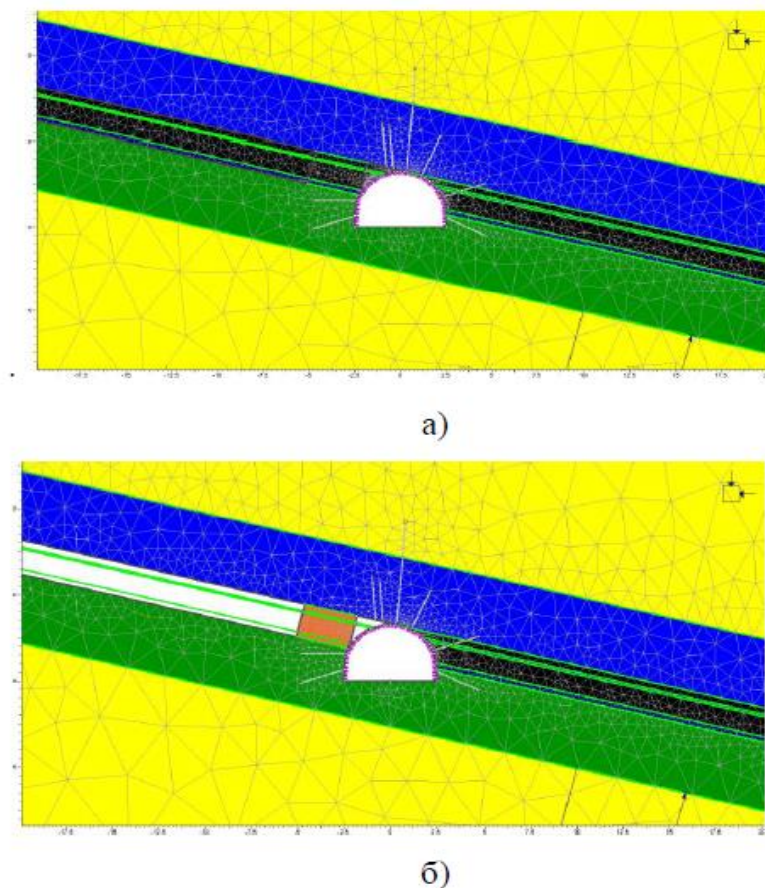


Рис. 3.6. Звичайно-елементні моделі для задачі про переміщення на контурі виробки: а) для незайманого масиву до моменту розкриття виробітку на повний переріз; б) для ситуації з урахуванням паспортної охоронної конструкції та впливу лави

У моделях на рис. 3.6 представлено реальну гірничо-геологічну ситуацію по трасі південного конвеєрного штреку, який прийнятий як базовий при виконанні досліджень. Конструкції кріплення також відповідають базовому паспорту. Структурні елементи для анкерів введені в модель для запобігання помилкам при оцінці ПДВ для базової ситуації кріплення штреку не використовуються (див. методику моделювання, п.3.2.6).

В даний час як охоронні споруди на ділянці сполучення використовуються дерев'яні багаття з круглого лісу, при цьому ширина всієї охоронної конструкції становить 3,2 м, що в чисельній моделі реалізовано шляхом створення ділянки моделі в зоні встановлення охоронної конструкції, якому надавалась відповідна розміру еквівалентна жорсткість.

Крім паспортної системи охорони штреку в ході моделювання були розглянуті також інші системи - лита смуга з матеріалу, що твердіє; смуга із матеріалу «Текхард»; тумби БЖБТ із залізобетонних плит; накатне багаття (смуга) зі шпального бруса. Всі розглянуті охоронні конструкції моделі імітувалися ділянками з різною еквівалентною жорсткістю. Параметри систем охорони, прийнятих під час моделювання, представлені у табл. 3.1. Розміри охоронних конструкцій приймалися для розглянутих гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов відповідно до вимог [19].

Таблиця. 3.1 Фізико-механічні властивості охоронних конструкцій, що моделюються.

	бутовая полоса дерев. кострами	литая полоса стверд. матер. [200,201]	из полоса из шпального бруса	«Текхард»	тумба БЖБТ [81, 201]
Номер задачі	1	2	3	4	5
Розмір конструкції, м	17	1	1,6	0,8	1
Модуль Юнга, МПа	1475	3000	10000	32500	30000
Коеф. Пуассона	0,35	0,3	0,2	0,2	0,2
Міцність на стиск, МПа	10	20	30	35	40

3.4. Оцінка впливу кута падіння порід на напружено-деформований стан на околиці виробки

Стійкість підготовчої виробки може бути забезпечена шляхом зведення систем рамно-анкерного кріплення та відповідних охоронних конструкцій з боку лави. Їх різні комбінації дозволяють досягти необхідного рівня безпеки повторно використовуваної виробки. Але, оскільки кут падіння пласта в межах шахтного поля, що відпрацьовується, змінюється в межах 6-18 градусів, то метою викладеного нижче етапу чисельних розрахунків є оцінка ПДВ системи «виробка – кріплення – охоронна конструкція» при різних кутах падіння масиву, які приймалися рівними 0, 5, 10, 15, 20 та 25 градусів.

На рис. 3.7 - 3.12 показані розрахункові схеми при кутах падіння вугільного пласта = 0, 5, 10, 15, 20, 25 градусів.

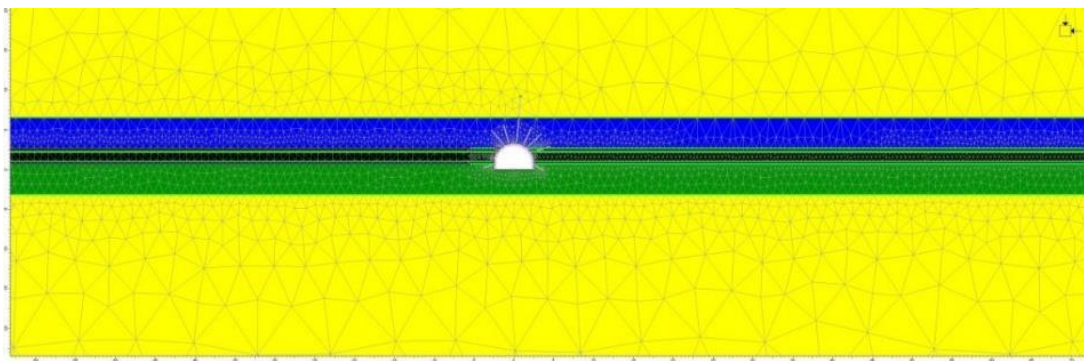


Рис. 3.7. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=0$

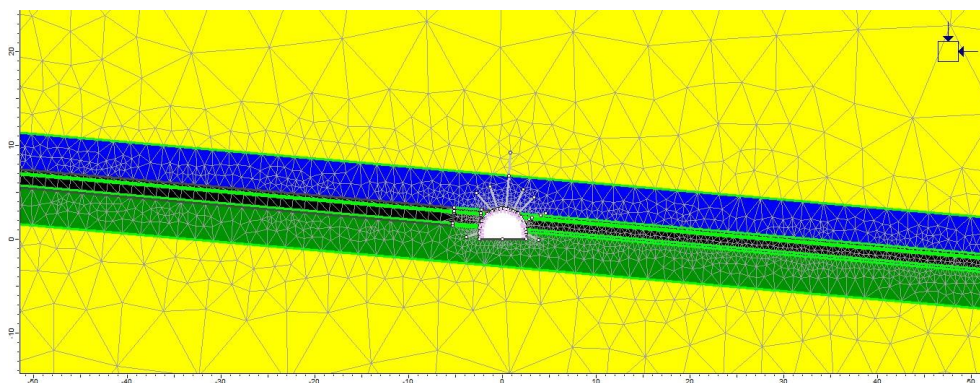


Рис. 3.8. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=5$

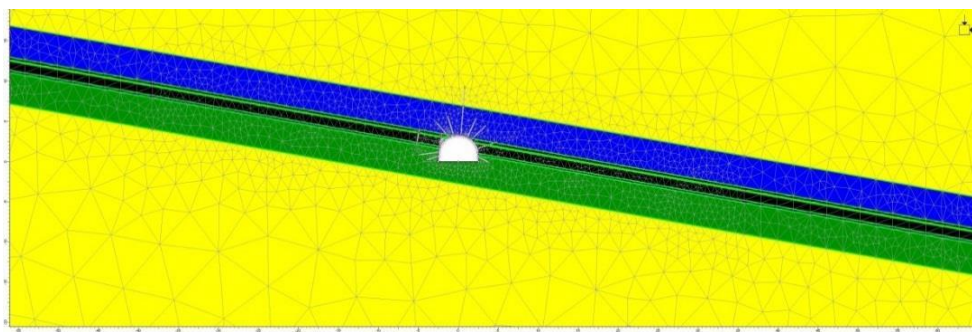


Рис. 3.9. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=10$

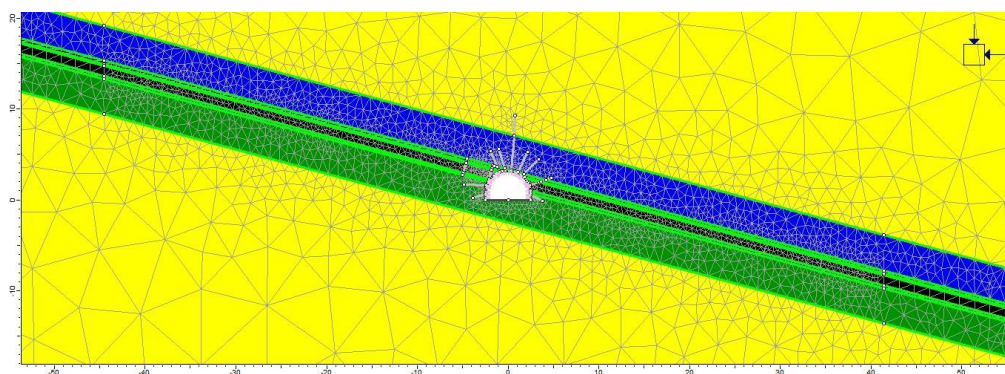


Рис. 3.10. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=15$

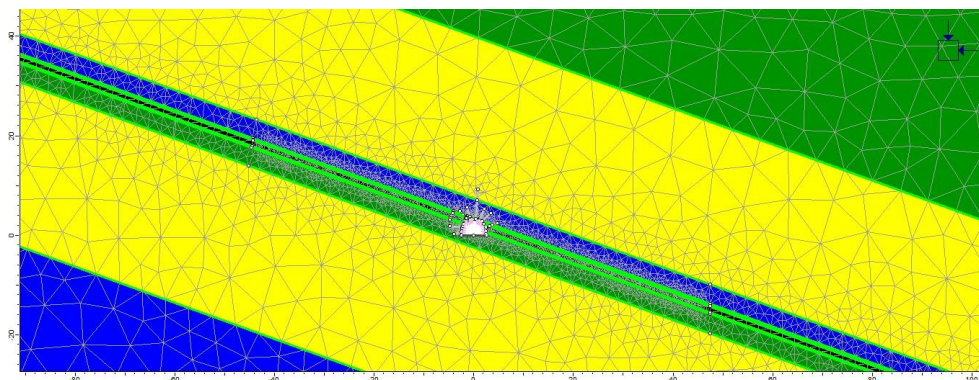


Рис. 3.11. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=20$

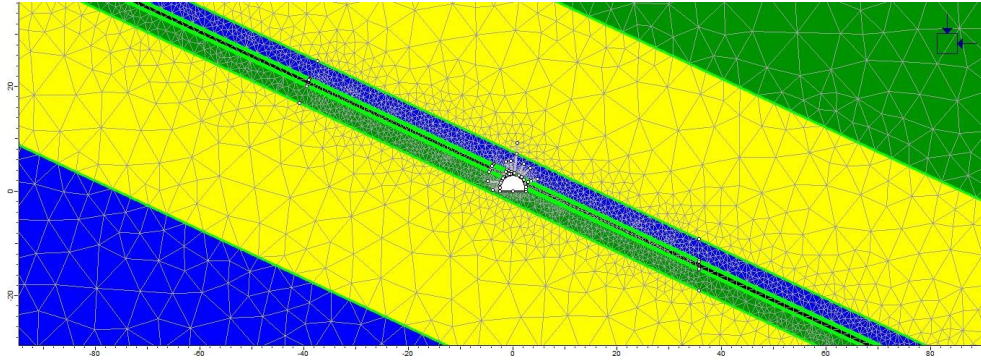


Рис. 3.12. Приклад загального виду моделі на 1 стадії випадку падіння вугільного пласта $\alpha=25$

Гірничо-геологічні умови (крім кута падіння пласта) відповідають ситуації закладення ПКШ.

Результати переміщень були зведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Переміщення (27 стадія) за різних кутах падіння пласта.

Кут падіння пласта α , град						
зміщення, м	0	5	10	15	20	25
покрівля	0,42	0,47	0,49	0,57	0,55	0,58
підшва	1,50	1,57	1,69	1,66	2,07	2,15
лівий бік	0,17	0,18	0,27	0,26	0,47	0,66
правий бік	0,16	0,17	0,18	0,2	0,37	0,51

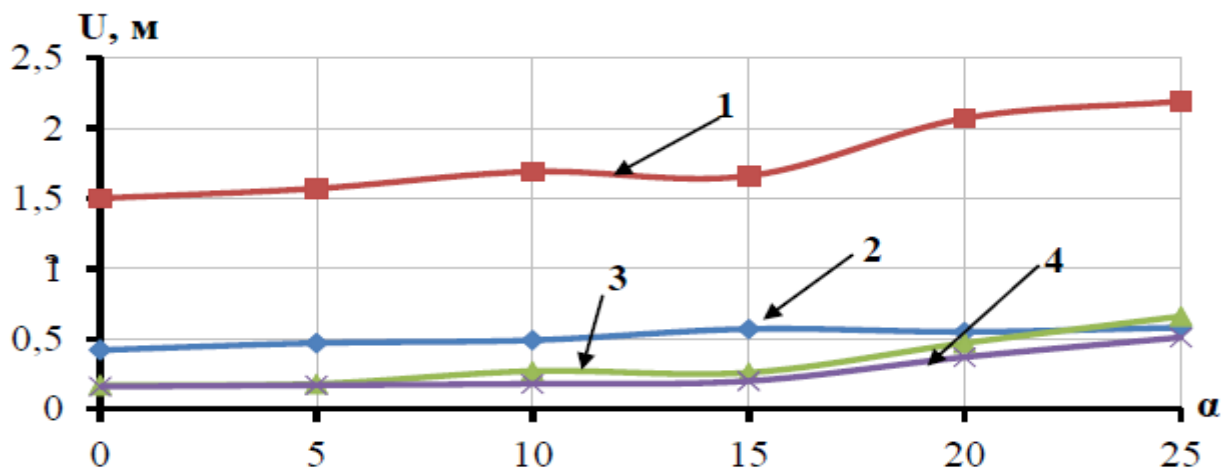


Рис. 3.13. Графік зсувів на контурі виробки залежно від кута падіння вугільного пласта: 1 – підшви; 2 – покрівлі; 3 – лівого борта; 4 – правого борту

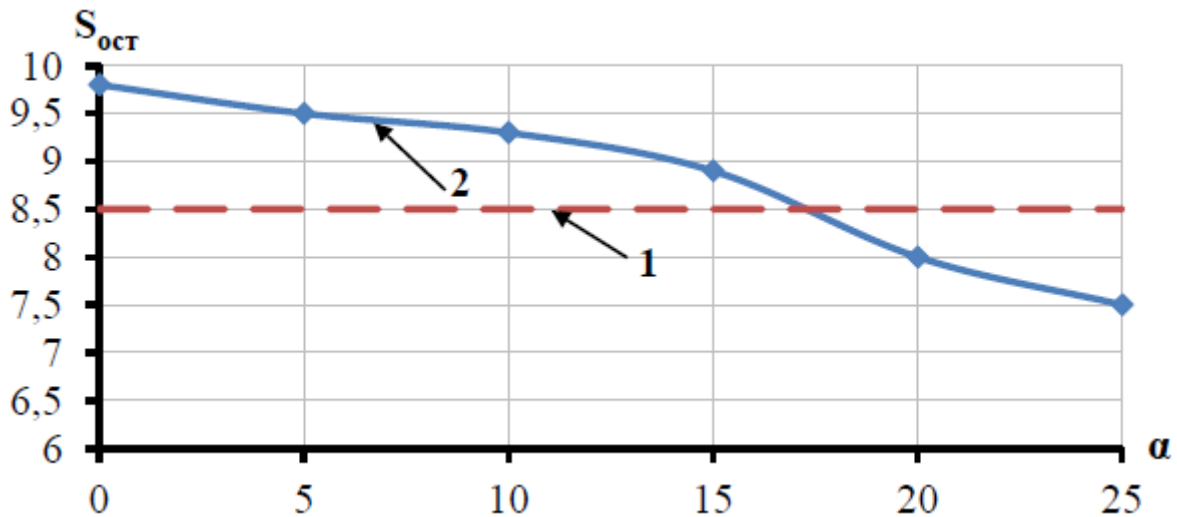


Рис. 3.14. Графік залишкового перерізу виробки залежно від кута падіння вугільного пласта: 1- критеріальний переріз виробки; 2 - залишковий переріз виробки

З графіка 3.13. видно, що зі збільшенням кута падіння переміщення у підшві практично не змінюються в діапазоні від 0 до 10 градусів, зростаючи в діапазоні від 15 до 20 градусів.

Подібна поведінка показують і зміщення в бортах виробітку: в діапазоні - інтенсивність зміни зсувів також зростає при величині кута падіння, що дорівнює 15 градусів. При цьому зміщення з лівого борту (з боку лави) починають трохи інтенсифікуватися вже при досягненні кута падіння 5 градусів.

На відміну від зсувів по покрівлі та в бортах виробки, зміщення у покрівлі практично рівні на всьому діапазоні розглянутих кутів падіння пласта.

Оцінка характеру зміни критеріальної величини - залишкового перерізу виробки - при різних кутах падіння пласта показує (рис. 3.14), що ця залежність має нелінійний характер і може бути описана (з коефіцієнтом кореляції 0,99).

З рис. 3.14 також випливає, що при кутах падіння 0 -18 градусів величина залишкового перерізу при розглянутих у задачах системах охорони та кріплення штреку залишається не нижче встановленої мінімально раціональної величини 8,5 м². Однак при кутах падіння понад 18 градусів критерій залишкової площі не витримується, хоча площа і залишається в межах, зазначених експертами (див. рис. 2.3) і, отже, в таких умовах потрібно коригування системи охорони в частині

збільшення її розмірів порівняно з ситуацією кутів падіння до 18 градусів.

Таким чином, виконані дослідження дозволяють стверджувати, що в гірничо-геологічних умовах шахт Червоноармійського промислового району величина залишкового перерізу конвеєрного штреку, прийнята як критерій повторного використання підготовчих виробок, зменшується зі збільшенням кута падіння вугільних пластів за лінійним законом, що дозволяє на цій основі коригувати базовий варіант системи кріплення та охоронної конструкції.

ВИСНОВКИ

1. Як метод моделювання обраний метод кінцевих елементів, що показав свою ефективність при вирішенні задач геомеханіки.

2. Як основний інструмент моделювання прийнято програмний комплекс «Phase-2», розроблений канадською компанією «Rockscience» стосовно геомеханічних завдань, широко використовується у світовій практиці та випробуваний на великій кількості завдань, які вирішуються в Національному гірничому університеті.

3. Алгоритм вирішувача ПК «Phase-2» підданий верифікації шляхом розв'язання у чисельному вигляді завдань, що мають суворе аналітичне рішення: пружне завдання; пружно-пластична задача та завдання про зусилля в одиночному анкері, навантаженому осьовою силою. Аналіз результатів показав, що розбіжності між аналітичною та чисельними завданнями перебувають у допустимих межах (максимально – 4%).

5. На тестовому завданні відпрацьовано обчислювальну процедуру: рішення – багатостадійне; постановка завдання – пружно-пластична; обґрунтовано параметри моделювання рамної податливості кріплення та анкерів; стадії розрахунку, на яких повинні встановлюватися елементи кріплення. Доведено, що структурні елементи, якими вводиться в розрахункову КЕ - сітку анкера, повинні встановлюватися в модель заздалегідь, у кількості, необхідному для всієї групи

завдань, що враховують різну кількість анкерів.

6. Аналіз результатів контрольного завдання (паспортна система кріплення та охорони виробітку) показав, що чинна ситуація була відображена в моделі досить адекватно - розкид з натурними вимірами склав для випадку поза зоною ЗР (без урахування охоронної конструкції) - до 9%; у зоні ЗРЗ (з урахуванням паспортної системи охорони) – до 17%. Отримані результати показують, що існуюча система кріплення та охорони не відповідає вимогам повторного використання виробки.

9. У гірничо-геологічних умовах шахт Красноармійського промислового району величина залишкового перерізу конвеєрного штреку, прийнята як критерій повторного використання підготовчих виробок, зменшується зі збільшенням кута падіння вугільних пластів за лінійним законом, що дозволяє на цій основі коригувати базовий варіант системи кріплення та охоронної конструкції.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДОВАНІ ПАРАМЕТРИ КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ В КОНВЕЄРНОМУ ШТРЕКУ

4.1. Рекомендована конструкція рамно-анкерного кріплення та система охорони виробки, призначеної для повторного використання

Проектний паспорт кріплення південного конвеєрного штреку (рис.4.1) передбачає проходку виробки з нижньою підбивкою з установкою металевого податливого арочного кріплення КМП-А3-13.8 зі спецпрофілю СВП-27 з кроком 0,5 м. Затяжка боків та покрівлі дерев встановлюються на поздовжні дерев'яні бруси.

Охоронна конструкція є багаттям з круглого лісу на глибину 3,2 м від виробки у бік виробленого простору.

Як показали наведені вище результати досліджень, така система охорони та кріплення виробки не забезпечують збереження мінімально раціональної площі перерізу штреку, причому як на відстані 50 м попереду лави, так і у вікні лави та за ним, що робить нераціональним повторне використання штреку, закріпленого зазначеним кріпленням. та охороняється зазначеною охоронною смугою.

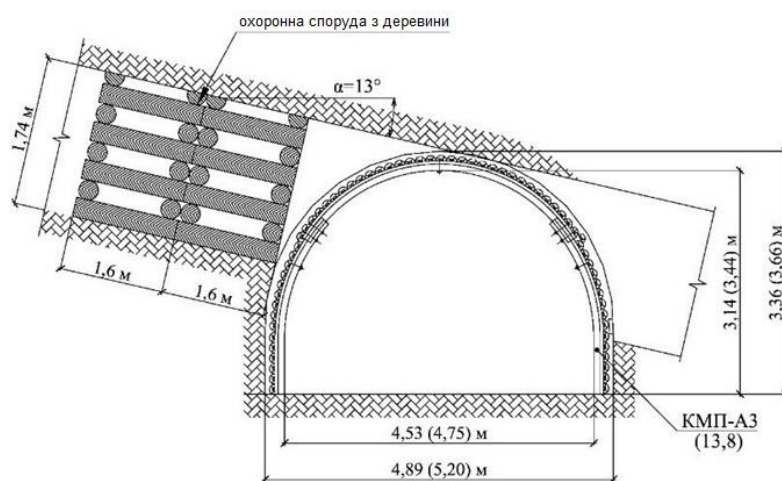


Рис. 4.1. Проектна (паспортна) конструкція кріплення та системи охорони

Конструкція рамно-анкерного кріплення, що рекомендується в результаті досліджень, і пропонується система охорони штреку зображена на рис. 4.2. Вона передбачає встановлення у виробці податливого арочного кріплення КМП-А3-13.8 зі спецпрофілю СВП-27 з кроком 0,75 м. Затяжка боків та покрівлі здійснюється стандартною металевою сіткою із забутуванням закріпного простору. Передбачена розклинка арки дерев'яними брусами не менше ніж у п'яти точках по контуру арки. У простір між рамами кріплення встановлюються 6 стандартних анкерів завдовжки 2,4 м, оскільки це показано на рис. 4.2.

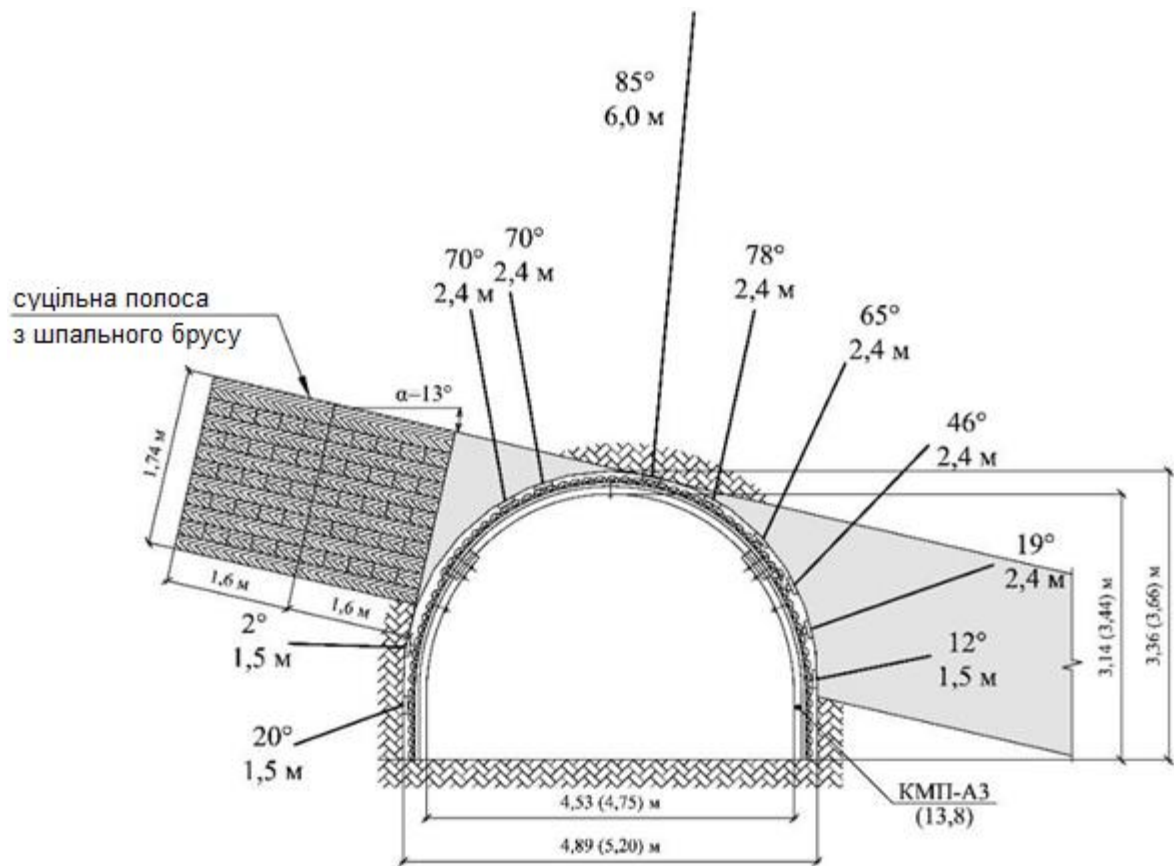


Рис. 4.2. Рекомендована конструкція рамно-анкерного кріплення та охоронної конструкції

Крім того, в нижній частині обох бортів встановлюються ще три анкери завдовжки 1,5 м: два з боку лави та один з протилежного боку. Для зменшення зсувів з боку покрівлі у місці контакту арки з покрівлею пласта встановлюється один канатний анкер завдовжки 6 м.

З боку лави викладається суцільна смуга зі шпальних брусів. Її ширина

становить 3,2 м-коду.

4.2. Перевірка запропонованого способу кріплення та охорони конвеєрного штреку в шахтних умовах

Для перевірки ефективності запропонованої дворівневої системи рамно-анкерного кріплення та охоронної конструкції у південному конвеєрному штреку було обладнано експериментальну ділянку довжиною 10 м.

На ділянці встановлювалася контурна замірна станція та проводилися вимірювання за методиками, описаними у розділі 2 цієї дисертації. Конструкція вимірної станції також відповідала описаній у розділі 2.

Аналіз стану виробки на експериментальній ділянці показав, що у порівнянні з контрольною ділянкою з паспортною системою кріплення та охорони виробки знаходиться в кращому стані, як поза зоною впливу очисних робіт, так і при проході лави. На відміну від контрольної ділянки, на експериментальному підриві порід ґрунту проводилася не три рази, а один раз

– на відстані 30 м до лави на глибину до 40 см. Загалом кількість пошкоджених рам кріплення та затяжок протягом усього часу проведення вимірювань була меншою, ніж на контрольній ділянці. На ділянці, близькому до вікна лави мало місце утоплення анкерів з боку лави в покрівлю виробки, що опускається, з деформацією сітчастої затяжки. Однак ці деформації не вплинули на загальну стійкість виробітку, оскільки рами кріплення своєчасно прийняли навантаження і спрацювали в штатному режимі експлуатації. Запропонована жорстка охоронна смуга із суцільного шпального бруса також показала свою ефективність на етапі проходу лави через вимірювальну станцію.

Результати вимірювань як залежностей залишкового перерізу штреку на експериментальному ділянці від відстані до лави наведено на рис. 4.3. Як видно з малюнка, залишковий переріз у районі вікна лави не знижувався нижче 8,8 м², що вказує на можливість та раціональність повторного використання конвеєрного штреку, в якому застосовуються розроблені у дисертації заходи. Залежність рис.

4.3 описується квадратичною функцією з коефіцієнтом кореляції 0,998:

Розкид отриманих результатів із результатами чисельного моделювання (див. п. 3.4, рис. 3.27) становить 2,3%.

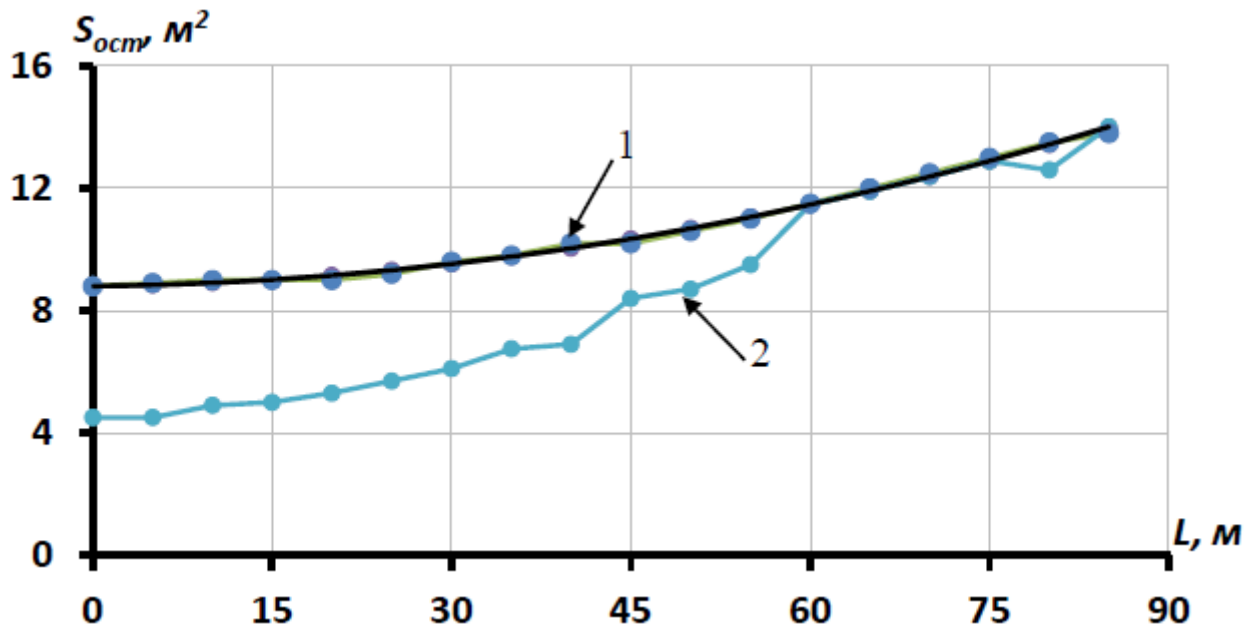


Рис. 4.3. Залишковий переріз 18 південного конвеєрного штреку на експериментальній ділянці при різній відстані до лави: 1 – при рекомендованій конструкції рамно-анкерного кріплення та охоронної конструкції; 2 – при паспортній конструкції кріплення та системи охорони

4.3. Економічна ефективність розроблених заходів

Кріплення підземних гірничих виробок, як відомо, має задовольняти вимоги безпеки, а також забезпечувати експлуатаційні геометричні та технологічні параметри. Критерієм оцінки ефективності різних видів кріплення є її економічність, визначення якої у першому наближенні виконується шляхом порівняння витрат на її зведення та подальші ремонти. Кріплення виробки тим ефективніше, чим нижча вартість її конструкції та матеріалів, а також монтажу та ремонту за інших рівних умов.

У першому наближенні загальні витрати на проведення та кріплення нової виробки та його подальші ремонти визначаються за формулою [122, 201, 212]:

Число ремонтів підготовчого виробітку, враховуючи невеликий (до 1 року)

термін її служби та технологічну доцільність, рідко буває більше одного. Таким чином, визначення вартості кріплення та ремонту виробки для аналізованих варіантів можливе шляхом простого підсумовування капітальних та експлуатаційних витрат.

Як і при розрахунку обсягів ремонтних робіт та будівництва нового конвеєрного штреку (див. розділ 2), витрати на прохідку та подальші експлуатаційні витрати для інших систем кріплення та охорони виробітку визначалися з використанням програмного комплексу «Будівельні технології-СМЕТА» на підставі «Правил визначення вартості будівництва» [120]. Попередньо порівнювалися два варіанти можливих систем кріплення та конструкції охоронного елемента з проектним варіантом.

Перший варіант – рамно-анкерне кріплення зі штучною суцільною смугою із суміші «Текхард» на ширину 1,0 м та обрізним кріпленням суцільним. Другий варіант – рамно-анкерне кріплення зі штучною суцільною смугою.

шпального бруса, вживаного, шириною 3,2 м, включаючи обрізне кріплення суцільне.

Порівнюючи кошторисну вартість на роботи з проходки та зведення штучного охоронного цілика, варіант зі смугою зі шпального бруса виявляється суттєво (на 6987 грн./п.м.) дешевше, про що свідчать локальний кошторис (Додаток А) та дані таблиці 4.1. Тому для визначення економічного ефекту від застосування запропонованого варіанту кріплення та системи охорони з урахуванням вартості виконання ремонтних робіт слід порівнювати проектний варіант кріплення і згаданий вище з суцільною смугою зі шпального бруса.

При розрахунку показників вартості будівництва та ремонту враховувалися фактично виконувані у південному конвеєрному штреку роботи на наглядових ділянках завдовжки 10 м.

У випадку з суцільною смугою зі шпального бруса відповідно до зафіксованих маркшейдерським та геологічним відділом шахти даними, величина підйому ґрунту склала 0,5 м, а обсяг підривки розраховувався для всієї ширини виробітку. Крім того, виконувались роботи із заміни 5 % рам кріплення та затяжок,

а також рихтування рейкової колії та відновлення водовідливної канавки по всій довжині експериментальної ділянки виробки.

Процеси, пов'язані з безпосередньою виїмкою гірничої маси та її навантаженням, а також допоміжні роботи в обох варіантах ідентичні, що є позитивним фактором і дозволяє не змінювати відпрацьовану технологію робіт. Вартість самого кріплення та робіт з його зведення дещо нижча у випадку з рамно-анкерним кріпленням, та за сумою прямих витрат використання такого типу кріплення дозволяє отримати незначний економічний ефект у розмірі 110 грн./п.м.

Прямі витрати на зведення охоронної конструкції, як і загальна кошторисна вартість проходки, кріплення та виконання допоміжних процесів, для випадку з суцільною смугою зі шпального бруса значно вищі. Так, наприклад, прямі витрати на зведення клітей із рудничних стійок з охоронним та відрізним кріпленням на 3306 грн./п.м. виявляється дешевше, ніж при використанні шпального бруса, що був у використанні, що укладається суцільно з перев'язками та відрізним кріпленням. Однак потенційна вигода від впровадження рамно-анкерного кріплення разом із суцільною штучною смугою зі шпал визначається, як було сказано вище, не стільки капітальними витратами, скільки сумою капітальних та експлуатаційних витрат.

Обсяги ремонтних робіт у другому випадку суттєво нижчі порівняно з проектним варіантом кріплення та охорони штреку, а тому, природно, суттєво нижчі та кошторисна вартість ремонтних робіт: 5 022 грн./п.м. проти 11492 грн./п.м.

Сума витрат на прохідку виробки, зведення охоронної смуги та її одноразовий ремонт для проектного варіанту з рамним кріпленням та охоронною смугою у вигляді багать із круглого лісу складе 34365 грн./п.м. Для запропонованого варіанта рамно-анкерного кріплення та суцільної смуги зі шпального бруса – 31 943 грн./п.м.

Загальна різниця обсягів капітальних та експлуатаційних вкладень, що є, по суті, економічним ефектом, складе 2422 грн./п.м., що свідчить на користь запропонованого типу рамно-анкерного кріплення з використанням штучної

охоронної конструкції суцільної смуги зі шпального бруса.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструкцію рамно-анкерного кріплення та систему охорони конвеєрного штреку, призначеного для повторного використання в розглянутих гірничо-геологічних умовах, що рекомендується на підставі аналізу результатів комплексу досліджень.

2. Запропоновані комбіноване кріплення та охоронна конструкція пройшли перевірку в шахтних умовах за умов південного конвеєрного штреку. Результати показують високу ефективність розроблених заходів забезпечення стійкості виробки, призначеної для повторного використання: залишковий перетин у вікні лави на експериментальній ділянці не знизився менше 8,8 м², що вказує на можливість та раціональність повторного використання конвеєрного штреку, в якому застосовуються розроблені заходи.

3. Виконано оцінку економічної ефективності розроблених заходів щодо кріплення та охорони конвеєрного штреку, призначеного для повторного використання. Очікуваний економічний ефект, що отримується як загальна різниця обсягів капітальних та експлуатаційних вкладень.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

5.1. Проект та правила кріплення гірничих виробок

Кожен паспорт кріплення гірничої виробки повинен враховувати переважаючі геологічні умови та спосіб розробки на конкретній шахті; при зміні умов до паспорта кріплення вносяться відповідні зміни.

До розробки паспорта роботодавець повинен залучати спеціалістів із контролю за пластами. При цьому проводиться оцінка за такими параметрами:

(а) потужність та вид розкриву (порожньої породи), що перекривають вугільний пласт, що підлягає розробці, та умови на поверхні, включаючи водоймища, струмки та річки;

(б) здатні вплинути на процес розробки зрушення або зміщення в пластах або породах, розташованих над або під вугільним пластом, а також зрушення або зміщення в раніше розроблених пластах, розташованих над, під або поряд з вугільним пластом, що підлягає розробці;

(в) тиск на вугільні цілики, робочий обрій шахти, вибої, на виїмкові ділянки, виробки; типи та розміри ціликів та виробок; конструкція кріплення виробок; вибрані способи виїмки вугілля;

(г) оцінка наявних видів та методів контролю за станом покрівлі з метою розробити оптимальний проект кріплення гірничої виробки по всій її довжині, а також кріплення ціликів, для запобігання обваленням та викидам;

(д) конструкція кріплення покрівлі та стінок виробки, що використовується на всіх етапах розробки.

Проект заходів щодо контролю за станом покрівлі та стінок підземної виробки повинен визначати характеристики кріплення, що використовується по всій довжині виробки, у тому числі: відстань між рамами кріплення; параметри анкерів - їх діаметр, тип, метод та глибину анкерного кріплення; розрахункові робочі характеристики стійок, сталевих, арочної та інших кріплень; розміри та структуру багаття, бетонного кріплення; затяжку покрівлі та боків виробітку.

У проекті заходів щодо контролю за станом покрівлі та стінок підземної виробки повинні бути зазначені такі відомості: тип та товщина кожного шару до вугільного пласта; тип та товщина основного шару, що перекриває вугільний пласт, а також шару, що залягає не менше ніж на 3 м під вугільним пластом; максимальна товщина породи, що покриває вугільний пласт у районі розробки.

У проекті повинна бути вказана запроектована ширина виробок, розмір ціликів, способи виїмки ціликів та їх розташування, система кріплення довгого очисного вибою, а також випереджувальне та привибієне кріплення.

У проект повинні бути включені специфікації та технічні паспорти на всю пересувне кріплення, що використовується в шахті, на автоматизовані системи управління секціями кріплення (automated temporary roof support systems - ATRS), які встановлюються на машинах для встановлення анкерного кріплення з використанням стійок, що утримують покрівлю виробки.

У проект мають бути включені правила відновлення елементів кріплення, а також закріплення виробітку в місцях обвалення покрівлі. У проекті повинні бути перераховані матеріали кріплення, методи його зведення у виробках для забезпечення вільного пересування та належного провітрювання, а також будь-які інші заходи, затверджені компетентним органом з метою забезпечення безпеки.

До проекту має бути включений пункт про забезпечення людей, які працюють у виробках, небезпечних за викидами вугілля та породи, індивідуальними засобами захисту голови, обличчя та тіла.

Спосіб розробки повинен вибиратися таким чином, щоб не наразити людей на небезпеки, пов'язані з надмірною шириною виробок, або з неправильними методами виїмки ціликів. Розмір ціликів мають бути достатніми для забезпечення належного контролю за станом покрівлі, стінок виробок та вибою, а також контролю за викидами вугілля та породи.

Потрібно точно перевіряти напрям гірських робіт на виробках, і цілках за допомогою лінії візування або іншого способу управління азимутом викривлення ствола. Бічні вруби можна починати тільки у виробках, закріплених відповідно до проекту контролю за станом покрівлі та стін гірничих виробок.

Забороняється просування фронту очисного вибою в незакріплені ділянки діючих виробок крім тих випадків, коли доступ у такі незакріплені ділянки закрито.

Додаткове кріплення зводиться в місцях, де:

- ширина виробки перевищує більш ніж на 30 см ширину, передбачену проектом контролю за станом покрівлі та стінок виробок;
- ширина виробітку перевищує передбачену проектом протягом більше 1,5 м;

До обов'язків керівника шахти входить розробка правил кріплення виробок, які підлягають затвердженню компетентним органом та включаються до проекту контролю за станом покрівлі та стінок виробок. Для кожного робочого місця у правилах необхідно вказати максимальну відстань між:

- (а) рамами кріплення у виробках;
- (б) рядами стійок, анкерами та іншими елементами кріплення у вибої; (в) суміжними стійками, анкерами чи іншими елементами кріпи в одному ряду;
- (г) відставання кріплення від площини вибою; (д) секціями механізованого кріплення; (е) стійками або розпірками;
- (ж) клинами;
- (з) бутовими смугами.

У правилах кріплення гірничих виробок має бути чітко зазначено, що встановлені інтервали є максимальними. У правилах слід зазначити, що у місцях, де необхідне додаткове кріплення, воно зводиться працівниками даної ділянки; у випадку, якщо дані особи не мають відповідних знань, вони повинні повідомити про необхідність додаткового кріплення безпосередньому керівнику.

Після консультацій та проведення оцінки компетентним інженерно-технічним персоналом шахти у правилах кріплення гірничих виробок мають бути зазначені місця, небезпечні для обвалення порід.

У всіх місцях шахти, де використовується обладнання та механізми для комбайнового вилучення вугілля, його конвеєрної доставки та навантаження,

система кріплення повинна бути посилена верхняками над кожною стійкою, встановленою відповідно до правил кріплення гірничих виробок.

При використанні в очисному вибої скребкових конвеєрів повинні використовуватися стійки, монтажна арматура та механізоване кріплення лише затвердженого типу.

Компетентний орган повинен встановити стандарти погодження технічної документації на це кріплення.

Правила кріплення в кожній шахті повинні включати відповідні проекти, креслення та схеми для того, щоб зробити правила зрозумілими тим, на кого покладено їх виконання.

На видному місці в шахті, а також на входах у виїмкові ділянки повинні бути вивішені правила кріплення, які застосовуються до всіх робочих місць. При необхідності видалення кріплення ця операція повинна здійснюватися у спосіб, зазначений у правилах кріплення гірських виробок.

Правила повинні визначати використання відповідних інструментів та запобіжних пристроїв, зведення додаткового кріплення для запобігання обвалу покрівлі в місцях, де кріплення було видалено, та позиції, на яких повинні знаходитися люди, заняття цією операцією.

Дані працівники повинні мати достатню кваліфікацію для виконання цього виду робіт.

У потужних або крутопохилих пластах забороняється видаляти розпірки або стійки без дотримання вимог правил кріплення виробок.

5.2. Зведення кріплення

До обов'язків роботодавця входить забезпечення та розміщення у доступних місцях необхідної кількості відповідного кріпильного матеріалу достатньої міцності.

Кожна стійка, що встановлюється для підтримки покрівлі та стінок вибою, має бути надійною та закріплена на міцній основі.

Вийшла з ладу або нестійке кріплення має бути негайно замінено. У разі, якщо це зробити неможливо, про необхідність заміни кріплення слід негайно доповісти безпосередньому керівнику.

Усі клини, що становлять частину системи кріплення, повинні встановлюватися на міцній підставі та у всіх місцях щільно прилягати до покрівлі.

Усі бутові смуги, що становлять частину системи кріплення, по можливості повинні щільно прилягати до покрівлі, над усією областю кріплення.

Кріплення всіх виробок має бути надійним та забезпечувати максимальну міцність. За необхідності кріпильні рами мають бути з'єднані стяжками. Порожнечі за кріпленням по можливості повинні заповнюватися.

Робочі та їх безпосередні керівники повинні оглядати та перевіряти покрівлю, стінки та опори з періодичністю, необхідною для підтримання їх надійності або відповідно до вимог національного законодавства чи нормативних актів та особливо перед відновленням робіт у виробленні після їх зупинки.

У похилих пластах стійки і клини повинні зводитися так, щоб забезпечити максимальне кріплення з урахуванням нахилу пласта або виробітку, а також з урахуванням можливого зміщення гірських порід.

При необхідності таке кріплення необхідно посилювати, щоб запобігти його зміщенню. Необхідно проводити оборку покрівлі та стінок виробок від заколів.

Там, де це неможливо зробити, ставляться підпірки чи інші елементи кріплення. При використанні анкерного кріплення для формування частини кріплення необхідно переконатися, що вони надійно закріплені.

5.3. Механізоване кріплення у лаві. Загальні положення

До обов'язків роботодавця входить забезпечення механізованого кріплення належної міцності, конструкція якої відповідає встановленим стандартам.

Там, де це необхідно, для забезпечення охорони праці компетентний орган повинен встановлювати належні стандарти механізованого кріплення.

У випадку, якщо механізоване кріплення не може забезпечити безпеку через нерівності покрівлі, підшви та стінок виробки, правила кріплення гірничих виробок незалежно від положень підрозділу 20.2 повинні передбачати використання кріплення звичайного типу доти, доки умови не дозволять застосовувати механізоване кріплення.

Особи, які відповідають за встановлення механізованого кріплення, повинні забезпечити надійність установки. Про виявлену несправність механізованого кріплення необхідно негайно доповісти безпосередньому керівнику.

При отриманні інформації про несправність механізованого кріплення безпосередній керівник зобов'язаний у найкоротший термін забезпечити її ремонт та надійне кріплення покрівлі.

У правилах кріплення гірничих виробок має бути зазначена відстань між суміжними стійками механізованого кріплення очисного вибою; у правилах повинна міститися вимога про те, що після відбивання виїмковою машиною смуги (стрічки) вугілля заданої товщини кріплення має пересуватися якнайшвидше з тим, щоб звести до мінімуму розмір ділянки нової незакріпленої покрівлі.

Забороняється виконувати звичайну роботу, перебуваючи із зовнішнього боку забійного конвеєра.

При цьому, керівнику шахти слід включити до правил вимогу закріплювати покрівлю та стінки виробки на будь-який період, коли людям з яких-небудь причин потрібно працювати із зовнішнього боку скребкового забійного конвеєра.

5.4. Установка та зняття механізованого кріплення

В усіх шахтах, де застосовується механізоване кріплення, в обов'язки керівника шахти входить розробка проекту її встановлення, відведення та

транспортування. Даний проект є складовою частиною загального проекту контролю за станом покрівлі та стінок гірничих виробок. Проект починає здійснюватися після його оцінки та затвердження (з можливими змінами) компетентним органом.

Проект установки механізованого кріплення повинен передбачати надійне провітрювання відповідних ділянок відповідно до положень Розділу 21. Проект також передбачає:

(а) спосіб транспортування механізованого кріплення з поверхні до фронту очисного вибою, де воно встановлюється; особлива увага при цьому приділяється правильному використанню точок безпечного переміщення та підйому;

(б) забезпечення відповідними транспортними засобами для доставки кріплення, при необхідності спеціально розробленими для транспортування опор;

(в) забезпечення відповідними лебідками, оснащеними пристроями контролю за допустимою вагою вантажу, для перевезення механізованого кріплення вздовж лінії вибою;

(г) забезпечення тяговим обладнанням належного розміру, потужності та конструкції;

(д) способи кріплення фронту вибою під час встановлення механізованого кріплення.

Проект зняття та транспортування механізованого зміцнення повинен передбачати надійне провітрювання відповідних ділянок відповідно до вимог Розділу 21. У проекті також передбачаються:

(а) способи кріплення фронту вибою під час відведення механізованого кріплення;

(б) способи транспортування механізованого кріплення від лінії вибою до нового місця встановлення;

(в) додаткові положення, аналогічні положенням підпунктів з 20.5.1(2)(б) до 20.5.1(2)(г).

ЗАКЛЮЧННЯ

Кваліфікаційна робота, в якій на підставі вперше отриманих закономірностей деформування геомеханічної системи «підготовча виробка-кріплення-порідний масив» для умов вугільних шахт Червоноармійського промислового району отримано вирішення актуального науково-практичного завдання обґрунтування раціональних параметрів рамно-анкерної міцності. системи для повторного використання підготовчих виробок.

Основні наукові та практичні результати, висновки та рекомендації роботи полягають у наступному:

1. Натурне обстеження стану конвеєрних штреків, що ремонтні роботи складаються, в основному, із заміни дерев'яних затяжок, пошкоджених елементів арочного кріплення та ліквідації наслідків пучення порід ґрунту.

2. Встановлено, що в гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах, площа залишкового поперечного перерізу конвеєрних штреків не залежить від показника розробки θ , змінюється за квадратичним законом внаслідок наближення очисного вибою та за величиною $8,5 \text{ м}^2$ є критерієм економічно доцільного повторного використання виробітку, при якому вартість ремонтно - відновлювальних робіт у ньому в 1,8 раза нижча, ніж вартість проведення нового штреку.

3. Обґрунтовано раціональну конструкцію дворівневого рамно-анкерного кріплення з використанням канатних анкерів та раціональну охоронну конструкцію, що забезпечує збереження критеріальної величини залишкового перерізу ($8,5 \text{ м}^2$) за лавою. За сукупністю критеріїв «вартість» та "технологічність зведення" найбільш раціональним є використання системи охорони у вигляді накатного багаття (смуги) зі шпального бруса. Ці кріплення та охоронна конструкція названі базовим варіантом.

4. Доведено, що в гірничо-геологічних умовах шахт Червоноармійського

промислового району величина залишкового перерізу конвеєрного штреку, прийнята як критерій повторного використання підготовчих виробок, зменшується при збільшенні кута падіння вугільних пластів за лінійним законом, що дозволяє на цій основі коригувати базовий варіант системи кріплення та охоронної конструкції.

5. Запропоновані комбіноване кріплення та охоронна конструкція пройшли перевірку в шахтних умовах за умов південного конвеєрного штреку. При цьому залишковий переріз у вікні лави на експериментальній ділянці не знизився менш ніж 8,8 м², що вказує на можливість та раціональність повторного використання конвеєрного штреку, в якому застосовуються розроблені в дисертації заходи.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Попович И.Н. Устойчивость развития угольной отрасли – приоритет государства / И.Н. Попович// Науковий вісник НГУ– 2014. - № 2. – С. 30-35.
2. Голицин М.В. Всё об угле / М.В. Голицин, А.М. Голицын// Уголь. – М.: Наука, 1989. – 192 с.
3. Моделирование механических процессов в породах почвы подготовительной выработки / Ю.В. Бондаренко, Г.И. Соловьев, С.Г. Негрей и др. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов.– Донецк: ДонГТУ.– 2000 . – Вып. 11. – С. 105-109.
4. Долгосрочный прогноз развития угольной отрасли // Уголь. – 2008. - № 2. – С. 66 – 68.
5. Попович И.Н. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины / И.Н. Попович // Уголь Украины - 2013. – №10 – С. 3-7.
6. Круть А.А. Водугольное топливо – альтернатива природному газу и жидким нефтепродуктам / А.А. Круть // Уголь Украины. – 2008. - № 10. – С. 10 - 13.
7. Пивняк Г.Г. основные тенденции развития угольной промышленности и теплоэнергетики Украины / Г.Г. Пивняк, А.К. Шидловский // Материалы заседаний Рабочей группы по углю ЕЭК ООН. – 1999.
8. Евдокимов Ф.И. Спад и стабилизация добычи угля на шахтах Украины / Ф.И. Евдокимов, М.П. Зборщик, И.Ф. Пономарев // Уголь Украины, 1993. - № 9. – С. 19 – 23.
9. Из концепции развития угольной промышленности Украины и ее социальной сферы до 2005 года // Уголь Украины. – 1993. – № 2. – С. 11 – 15.
10. Попович И.Н. Обоснование параметров способа обеспечения устойчивости повторно используемых подготовительных выработок глубоких угольных шахт: дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: 05.15.04 /

Игорь Николаевич Попович.– Днепропетровск, 2015.– 219 с.

11. Нефть, газ, энергия, мир, Россия: состояние и перспективы // Атомная стратегия. – 2006. - № 20. – Режим доступа: [http:// www.proatom.ru/modules](http://www.proatom.ru/modules).

12. Перспективы развития мировой угольной промышленности // Уголь. – 2008. - № 1. – С. 78 – 79.

13. Степанов А. Производство моторных топлив и комплексное использование углей. Роль бурых углей в новых планах развития ТЭК / А. Степанов, Г. Ковтун, Г. Матусевич // Топливо-энергетический комплекс. – 2008. – № 2. – С. 66 – 71.

14. Кондырев Б.И. Перспективы применения технологии подземной газификации угля на месторождениях Дальнего Востока с получением газа - сырья для синтеза жидкого топлива / Б.И. Кондырев, А.В. Белов, И.В. Гребенюк // Уголь. – 2008. - № 10. – С. 36 – 37.

15. Гринько Н.К. Перспективы добычи и использования угля / Н.К. Гринько // Уголь. – 2000. - № 11. – С. 7 – 12.

16. Белозович И.М. Крепление горных выработок в поддувающих породах/ И.М. Белозович, А.П. Бондаренко – М.: Углетехиздат, 1951. – 112 с.