

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Кафедра управління гірничим виробництвом і охорони праці

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Я.О. Ляшок
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2021 рік

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра
(освітній ступінь)

на тему «Обґрунтування та розробка комплексу заходів з безпеки праці
при проведенні підготовчих виробок»

Виконав: студент 2 курсу, групи ОПГм-20
Спеціальності 184 «Гірництво»

Кулінич Артур Олексійович

Керівник

зав. кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці, проф.,
д.е.н., Ляшок Я.О.

Рецензент

Нормоконтроль

ст. викл. кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці,
Браташ О.О.

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

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Управління гірничим виробництвом і охорони праці

Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Я.О. Ляшок

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Куліничу Артуру Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування та розробка комплексу заходів з безпеки праці при проведенні підготовчих виробок»

Керівник роботи Ляшок Ярослав Олександрович, зав. каф. управління гірничим виробництвом, проф., д.е.н.

затверджена наказом по університету від

2. Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) матеріали звіту про переддипломну практику, гірничо-геологічні умови та техніко-економічні параметри шахт: характеристика району розташування шахти; геологія родовища і шахтного поля; характеристика вугільних пластів і порід; границі, розміри шахтного поля і запаси в ньому; загальна характеристика діючої шахти; техніко-економічні показники роботи підприємства за звітний період 2020 року і поточний період 2021 року

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити). СТАН ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ГЛИБИН РОЗРОБКИ. ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ВИРОБОК В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ І ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСІБ ОХОРОНИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА МОДЕЛЯХ З ЕКВІВАЛЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИКОНТУРНОГО ПОРІДНОГО МАСИВУ ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ НА ВЕЛИКИХ ГЛУБИНАХ. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВОГО СПОСОБУ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ. РОЗРОБКА РІШЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК У МАСИВАХ ПОРІД РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ТА ПОКРІВЛЯХ РІЗНОЇ СТІЙКОСТІ

5. Консультанти з роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

6. Дата видачі завдання 01 вересня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1.	СТАН ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ГЛИБИН РОЗРОБКИ	<i>вересень</i>	
2.	ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ВИРОБОК В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ	<i>вересень</i>	
3.	АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК	<i>жовтень</i>	
4.	ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА МОДЕЛЯХ З ЕКВІВАЛЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ	<i>жовтень</i>	
5.	АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИКОНТУРНОГО ПОРІДНОГО МАСИВУ ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ НА ВЕЛИКИХ ГЛУБИНАХ	<i>листопад</i>	
6.	ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВОГО СПОСОБУ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ	<i>листопад</i>	
7.	РОЗРОБКА РІШЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК У МАСИВАХ ПОРІД РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ТА ПОКРІВЛЯХ РІЗНОЇ СТІЙКОСТІ	<i>грудень</i>	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Кулінич Артур Олексійович. Обґрунтування та розробка комплексу заходів з безпеки праці при проведенні підготовчих виробок.

Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» – ДНВЗ «ДонНТУ», Покровськ, 2021.

Ритмічність, ефективність та безпека роботи у вугільній шахті багато в чому визначається станом капітальних та підготовчих виробок. Інтенсифікація очисних робіт, збільшення площі перерізу виробок, постійне зростання глибини розробки призвели до суттєвого погіршення умов будівництва та експлуатації гірничих виробок.

Для шахт Донецького регіону з кожним роком набуває все більшої актуальності проблема забезпечення стійкості підготовчих виробок у зв'язку зі швидким поглибленням гірничих робіт та погіршенням гірничо-геологічних умов. На низці глибоких шахт доводиться щороку ремонтувати до 30-40% загальної протяжності виробок. Значна частина цих робіт (90-95 %) посідає ремонт виробок, схильних до впливу очисних робіт. Роботи з підтримки виробок виконуються вручну, їх дуже важко механізувати, і вони становлять небезпеку для гірників.

Ключові слова

ВУГІЛЬНА ШАХТА, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОЧИСНИХ РОБІТ, ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК, ЗРОСТАННЯ ГЛИБИНИ РОЗРОБКИ, ЗБІЛЬШЕННЯ ПЛОЩІ ПЕРЕРІЗУ ВИРОБОК

SUMMARY

Kulynych Artur Oleksiiiovych. Substantiation and development of a set of measures for occupational safety during the preparatory roadways.

Graduation qualification work for a master's degree in specialty 184 "Mining" - DNVZ "DonNTU", Pokrovsk, 2021.

Rhythm, efficiency and safety of work in a coal mine is largely determined by the state of capital and preparatory workings. The intensification of treatment works, the increase in the cross-sectional area of the workings, the constant increase in the depth of development have led to a significant deterioration in the conditions of construction and operation of mine workings.

For the mines of the Donetsk region, the problem of ensuring the stability of the preparatory workings in connection with the rapid deepening of mining operations and the deterioration of mining and geological conditions is becoming increasingly important. Up to 30-40% of the total length of workings has to be repaired annually at a number of deep mines. A significant part of these works (90-95%) is the repair of workings exposed to cleaning works. Work on maintenance of workings is carried out manually, they are very difficult to mechanize, and they pose a danger to miners.

Keywords

COAL MINE, INTENSIFICATION OF CLEANING WORKS, ENSURING SUSTAINABILITY OF PREPARATORY PRODUCTS, INCREASE OF DEPTH OF DEVELOPMENT, COLLECTION OF COLLECTION

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. СТАН ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ГЛИБИН РОЗРОБКИ.....	10
2. ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ВИРОБОК В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ.....	16
3. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК	25
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА МОДЕЛЯХ З ЕКВІВАЛЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ	43
5. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИКОНТУРНОГО ПОРІДНОГО МАСИВУ ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ НА ВЕЛИКИХ ГЛУБИНАХ	50
6. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВОГО СПОСОБУ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ.....	56
7. РОЗРОБКА РІШЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК У МАСИВАХ ПОРІД РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ТА ПОКРІВЛЯХ РІЗНОЇ СТІЙКОСТІ	62
ВИСНОВКИ.....	74
ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	75
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Актуальність роботи

Ритмічність, ефективність та безпека роботи у вугільній шахті багато в чому визначається станом капітальних та підготовчих виробок.

Інтенсифікація очисних робіт, збільшення площі перерізу виробок, постійне зростання глибини розробки призвели до суттєвого погіршення умов будівництва та експлуатації гірничих виробок.

Для шахт Донецького регіону з кожним роком набуває все більшої актуальності проблема забезпечення стійкості підготовчих виробок у зв'язку зі швидким поглибленням гірничих робіт та погіршенням гірничо-геологічних умов. Середня по басейну трудомісткість підтримки виробок на 1000 т вугілля, що видобувається, досягає 72-75 чол.-змін, при цьому близько 15-17% протяжності виробок мають незадовільні розміри поперечних перерізів. На низці глибоких шахт доводиться щороку ремонтувати до 30-40% загальної протяжності виробок. Значна частина цих робіт (90-95 %) посідає ремонт виробок, схильних до впливу очисних робіт. Роботи з підтримки виробок виконуються вручну, їх дуже важко механізувати, і вони становлять небезпеку для гірників.

Стійкість підготовчих виробок залежить, в основному, від способів їх проведення, охорони та розташування щодо кордонів очисних робіт, а також від типу, конструкції та працездатності встановлених у них кріплення.

Тому питання вибору раціональних засобів та способів кріплення та підтримки підготовчих виробок у складних умовах експлуатації стають все більш актуальними, тому що від їхнього правильного вирішення залежать та безпека робіт, та своєчасна підготовка очисного фронту, та техніко-економічні показники роботи шахт.

Характерною у цьому плані є наша шахта, для якої у зв'язку зі збільшенням глибини розробки дуже серйозною стає проблема підтримки підготовчих виробок. Способи охорони, що існують на сьогоднішній день,

є малоефективними. Тому розробка нових способів охорони та підтримки виробок у мінливих гірничо-геологічних умовах, обґрунтування цих параметрів способів на основі вивчення закономірностей взаємодії системи "кріплення-породний масив", є актуальним завданням, що має важливе наукове та практичне значення.

Ступінь розробленості теми дослідження

У створення машин та засобів механізації прохідницьких робіт внесли істотний внесок дослідницькі та проектні інститути: ІГД ім. А.А. Скочинського, МакНДІ, ВНИМИ, а також такі вчені, як: А.Б. Єфременків, А.Б. Жабін, А.Г. Валчев, О.М. Капустін, В.А. Бреннер, В.В. Аксьонов, В.В. Чаплигін, В.Ю. Бегляков, Г.Д. Буяліч, Л.І. Кантович, Р. Kogler та ін.

Незважаючи на наявність наукових досліджень з механізації прохідницьких робіт при проведенні виробок малого перерізу, нині недостатньо висвітлено питання, пов'язані з оцінкою впливу навантажень, що діють на конструкції прохідницьких комплексів з боку прилеглих порід вироблення при проходці в породах різної міцності та покрівлях різної стійкості для обґрунтування параметрів силового обладнання прохідницького комплексу; для модульних комплексів вирішено питання проведення виробок за породами низькою або високої міцності, проте розробці комплексів для проходки по породах з широким діапазоном міцності приділено недостатньо уваги, що вимагає проведення додаткових теоретичних та експериментальних досліджень.

Мета дослідження: виявлення закономірностей зміни силових параметрів комплексу гірничого обладнання на базі крокуючого кріплення від впливу зовнішніх навантажень при його покроковому переміщенні в породах різної міцності та покрівлях різної стійкості для науково обґрунтованого технічного рішення прохідницького комплексу під час проведення виробок малого перерізу, впровадження якого зробить значний внесок у розвиток гірничодобувної галузі країни.

Ідея дослідження полягає у науково обґрунтованій оцінці впливу навантажень з боку гірського масиву на елементи прохідницького комплексу при прохідці виробок малого перерізу та покрокової пересування його елементів у просторі гірничого масиву шахт, що дозволяє за спеціальним алгоритмом здійснювати вибір гірничого обладнання комплексу у межах запропонованих схемних та конструктивних рішень та керувати комплексом як єдиною системою.

Завдання дослідження:

1. Аналіз та узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень з механізації прохідницьких робіт під час проведення виробок малого перерізу.

2. Проведення теоретичних досліджень щодо виявлення закономірностей зміни силових параметрів прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення від впливу зовнішніх навантажень при його покроковому переміщенні в різних міцності породах та змінної стійкості покрівлях та розробці алгоритму функціонування комплексу під час проведення вироблення малого перерізу.

3. Створити експериментальний стенд та провести дослідження для визначення силових параметрів прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення при пересування його частин в залежності від схеми навантаження моделі комплексу в масиві.

4. Провести моделювання функціонування машин прохідницького комплексу на основі імітаційної моделі при швидкісному проходженні вироблення малого перерізу по породах різної міцності та для покрівлі змінної стійкості з урахуванням паралельних та послідовних процесів прохідницького циклу.

5. Розробити методику розрахунку та вибору основних параметрів прохідницького комплексу, а також рекомендації щодо його застосування.

Наукова новизна роботи:

Розроблено алгоритм управління прохідницьким комплексом на основі імітаційної моделі функціонування його вузлів при проходці вироблення малого перерізу, що включає взаємну відповідність раціональних параметрів кріплення та виконавчих органів з відбійки забою за параметром мінімального часу проходки при поєднанні операцій прохідницького циклу.

Теоретична та практична значущість роботи

Встановлено залежність зміни силових параметрів прохідницького комплексу на основі крокуючого кріплення від впливу зовнішніх навантажень при його покроковому переміщенні в різних за міцністю породах і змінних по стійкості покрівлі.

Створено імітаційну модель функціонування прохідницького комплексу при швидкісний прохід вироблення малого перерізу, що дозволяє прогнозувати терміни проведення прохідницьких виробок у різних гірських масивах. Обґрунтовано параметри основних вузлів кріплення комплексу, що забезпечує кріплення привибійного простору, у тому числі силових гідроциліндрів (гідростійкий, гідродомкратів) з урахуванням статечної залежності коефіцієнта опору пересування частин комплексу в залежності від міцності порід при різних варіантах навантаження частин комплексу.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінок.

1. СТАН ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ГЛИБИН РОЗРОБКИ

Паливно-енергетичний комплекс відіграє головну роль в економіці будь-якої промислово розвиненої країни, до якої належить і Україна. Традиційними джерелами енергії нині є мінеральні енергоносії – нафту, газу, вугілля.

Майбутній розвиток вугільної промисловості світу пов'язаний із розширенням використання вугілля в теплоенергетиці, тому що його ціна приблизно в 2,5 рази нижча ціни еквівалентного за теплоутриманням кількості нафти і в 1,3 рази - газу. Перевага вугілля у світовому масштабі перед іншими видами енергетичної сировини - можливість транспортування будь-яким видом транспорту без особливої шкоди для навколишнього середовища, досить великі запаси, можливість застосування чистих технологій під час його спалювання.

Вугілля – єдиний енергоносіє, обсяги якого є потенційно достатніми для повного забезпечення потреб національної економіки. Тому вугільна промисловість України є гарантом енергетичної незалежності держави.

Аналіз тенденцій розвитку енергетики свідчить, що у структурі світових запасів органічного палива на вугілля припадає 67, на нафту – 18 та на природний газ – 15%. В Україні ці показники становлять відповідно 95,4; 2 та 2,6 %. Загальний обсяг запасів вугілля в Україні 117,5 млрд. т, з них промислових на шахтах, що діють, – 6,5 млрд. т, з яких 3,5 млрд. т – енергетичний вугілля. Ці запаси дозволяють стабільно видобувати по 100 млн. т вугілля протягом 500 років.

Орієнтація країни в розвитку енергетичної бази визначається її ресурсним потенціалом. В Україні, зокрема, основним енергоносієм є вугілля.

Вугільна промисловість України є однією з базових галузей народного господарства, що постачає свою продукцію для потреб

електроенергетики (майже 38 % від загального обсягу постачання), коксохімічного виробництва (22%), населення (11%), комунально-побутових споживачів (3%) та інших споживачів (26%). Для України видобуток вугілля має пріоритетне значення – його частка у загальному паливно-енергетичному балансі країни становить близько 25 % (у перерахунку на умовне паливо).

Для досягнення стратегічної мети довгострокова державна політика розвитку вугільної промисловості передбачає три етапи, які поділяються на ближню, середньострокову та дальню перспективи.

На першому етапі ключовим аспектом мало бути комплексне вирішення проблеми розвитку шахтного фонду, що передбачало його відтворення на сучасній техніко-технологічній основі та подальше роздержавлення. Обсяг видобутку вугілля за базовим сценарієм прогнозувалося збільшити до 90,9 млн. т, а виробничі потужності – до 105,8 млн. т на рік.

Через недостатнє фінансування вугільної промисловості на першому етапі він виконаний у неповному обсязі.

На другому етапі прогнозується досягти обсягу вуглевидобутку на рівні 110,3 млн. т за наявності виробничих потужностей 122,5 млн. т на рік. Це дозволить задовольнити попит вітчизняних споживачів на енергетичний вугілля та підвищити рівень забезпечення коксівним вугіллям до 82,6 %.

Третій етап сприймається як довгострокова перспектива. З урахуванням позитивної динаміки обсяг видобутку вугілля планується збільшити до 130 млн. т. Враховуючи зростання споживання вугілля тепловою електроенергетикою у 2030 р. порівняно з 2015 р. на 39 %, потреба національної економіки в енергетичному вугіллі буде забезпечена на 97,1 %, а в коксівному – на 72,6%.

Виробничі потужності на кінець періоду, що розглядається, повинні зрости до 144,4 млн. т на рік з коефіцієнтом використання 90 %. Це

вимагатиме реконструкції діючих підприємств із приростом потужностей, а також будівництва нових шахт на розвіданих ділянках родовищ сприятливими гірничо-геологічними умовами.

Ефективність роботи вугільних шахт залежить від багатьох причин, яких однією з найбільш суттєвих є стан основних розкривних та підготовчих гірничих виробок. Будучи транспортними магістралями, вони забезпечують доступ до запасів вугілля, безперервність та надійність роботи підземного комплексу шахти.

Проблема забезпечення стійкості гірничих виробок набуває особливо великого значення зі збільшенням глибини розробки, оскільки при цьому підвищується величина гірничого тиску, що зумовлює значні деформації кріплення гірничих виробок. Середня глибина розробки вугільних родовищ в Україні наближається до 800 м, 60,8 % шахт працюють на глибині понад 600 м та 15 % – понад 1000 м. Зниження розробки за останні 30 років у середньому по Україні становило 505 м, або 16,8 м на рік.

Для забезпечення експлуатаційного стану гірничих виробок доводиться вести ремонтні роботи, що полягають у повному перекріпленні окремих ділянок або всього вироблення, застосуванні тимчасової посилюючого кріплення, заміні деформованих елементів кріплення, підбивки спучених порід ґрунту, збільшенні щільності установки рам, заміні міжрамних огорож та ін. Трудомісткість ремонтних робіт, як і раніше, залишається високою, досягаючи близько 90 чол-змін на 1000 т середньодобового видобутку вугілля.

Протяжність перероблюваних виробок становить 46,6% стосовно пройдених, а відремонтованих в 1,7 рази перевищує довжину пройдених виробок.

Незважаючи на великий обсяг ремонтних робіт та їх високу трудомісткість, довжина виробок із незадовільним станом залишається значною – 15...17 % від загальної протяжності підтримуваних виробок, та загалом по вугільних шахтах України на 2013 р. становила 16,1 %.

За останні десять років річні обсяги проведення розкривних та підготовчих виробок знизилися з 462,7 до 171 км. Обсяги підтримуваних підготовчих виробок також знижуються, що пов'язано, насамперед чергу, з реструктуризацією вугледобувної промисловості. Однак кількість виробок, що ремонтуються, з того обсягу збільшується, що пояснюється ускладненням гірничо-геологічних умов підтримки, пов'язаного з відходом більшості шахт на глибину.

При переході на великі глибини усунення контурів виробок збільшилися приблизно в 3 рази. Застосування податливих кріплень з великим запасом на осадку (до 85 % всіх виробок) не дало позитивного результату, так як кріплення з СВП, що має низьку здатність в податливому режимі, не здатна протидіяти підвищеному гірському тиску. Через війну стан гірничих виробок залишається незадовільним.

Понад 40% їх ремонтується до здачі в експлуатацію, 52% діючих виробок деформовано.

Аналіз стану підготовчих виробок вугільних шахт України, а також витрат, пов'язаних з їх підтримкою та ремонтом, показує, що велику складність при підтримці підготовчих виробок в експлуатаційному стані становлять великі зміщення контуру. На вугільних шахтах України щорічно ремонтують понад 5000 км виробок.

Таким чином, проблема підтримки підготовчих виробок у стійкому стані під час всього періоду їх експлуатації не тільки залишається актуальною, а й набуває зростаючого характеру і потребує створення, промислового освоєння та впровадження ефективних способів охорони та підтримки та розробки нових конструкцій кріплення підготовчих виробок. Особливої актуальності ці завдання набувають при переході видобутку корисних копалин на великі глибини.

Прояв гірського тиску в підготовчих виробленнях у зоні впливу лави істотно відрізняється від аналогічного у капітальних виробках. Цей процес має велику інтенсивність та протікає тривалий час. Це призводить до

розвитку значних деформацій приконтурного масиву та руйнування кріплення.

Вплив очисних робіт є важливим науково-практичним завданням. Оскільки традиційні способи та засоби не забезпечують експлуатаційний стан виробок, це негативно позначається на продуктивності очисних вибоїв та безпеці праці на шахті.

У зв'язку з переходом підземних гірничих робіт на глибокі горизонти значно погіршуються гірничо-геологічні умови розробки пластів в основних вугільних басейнах країни.

На глибоких шахтах значно збільшуються витрати на ремонт та перекріплення підготовчих виробок, ускладнюються заходи щодо боротьби з раптовими викидами вугілля і газу, гірськими ударами та зниження високої температури. Найбільший вплив на прояви гірничого тиску в підготовчих виробках надають збільшення глибини розробки та ускладнення гірничо-геологічних умов, що виражається насамперед у зростанні зміщень порід навколо виробок. У деяких виробках зміщення порід покрівлі на контурі протягом усього терміну служби досягають 1-1,5 м. Зростання величини зсувів порід призводить до зменшення площі поперечного перерізу виробок та необхідності проведення робіт з їх ремонту та відновлення.

Незважаючи на певні досягнення в галузі управління гірським тиском у підготовчих виробках, їх стан продовжує залишатися незадовільним, особливо на ділянках, що примикають до очисних вибоїв.

Як показує аналіз засобів та способів підвищення стійкості підготовчих виробок, найбільший ефект у сформованих умовах дають заходи та кріплення, спрямовані на збереження цілісності навролишнього вироблення масиву та використання його несучої здатності.

На найближчу перспективу можливі два взаємодоповнюючі напрямки вирішення задачі підвищення стійкості підготовчих виробок: з одного боку – вдосконалення конструкції металевого кріплення основи

широкого залучення технічних рішень щодо підвищення її надійності та використання несучої здатності приконтурного масиву; з іншого – розширення обсягів застосування нових конструкцій кріплення та способів охорони та підтримки з розвантаженням та зміцненням масиву.

Для досягнення цієї мети у роботі поставлені такі завдання:

- Вибір об'єкта досліджень;
- Візуальні обстеження та шахтні вимірювання прояву гірничого тиску у підготовчих виробках;
- Вивчення закономірностей деформування неоднорідного породного масиву навколо підготовчих виробок та у покрівлі лави; розробка нового способу охорони підготовчих виробок за умов великих глибин;
- Виявлення закономірностей зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву підготовчого виробітку при використанні нового способу охорони та підтримки;
- Визначення раціональних параметрів нового способу охорони та підтримки підготовчого вироблення в конкретних гірничо-геологічних умовах.

Вирішення поставлених вище завдань виконується з використанням комплексного підходу, що включає аналіз та узагальнення літературних даних по цій темі, шахтні візуальні та інструментальні спостереження, математичне моделювання із застосуванням чисельного методу (метод кінцевих елементів), фізичне моделювання на моделях із еквівалентних матеріалів, проведення промислових випробувань.

2. ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ВИРОБОК В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

Екстремальні умови в гірничодобувній промисловості, при яких необхідно провести виробки в шахтах або копальнях, досить рідкісні, але при виникненні характеризуються значними труднощами, а часом і неможливістю проведення гірничопрохідних робіт.

На складність проходки виробок малого перерізу впливають насамперед природні фактори:

- ☐ непостійність гірничо-геологічних умов;
- ☐ збільшення природної температури порід за значних глибин їх залягання;
- ☐ наявність обводнених зон у родовища;
- ☐ метанообильність виробок;
- ☐ наявність вибухонебезпечного вугільного пилу;
- ☐ схильність вугілля до самозаймання;
- ☐ велика глибина ведення гірничих робіт тощо.

Крім того, проходження виробок в екстремальних умовах вимагає вирішення нестандартних завдань, наприклад, забезпечення підтримки покрівлі виробок при завалах. Оскільки шахтарі стикаються з небезпечними та швидко мінливими умовами, їхня робота характеризується високим ризиком для життя і виникає необхідність створення спеціального гірничого обладнання, забезпечує швидкісну прохідку виробок малого перерізу в екстремальних умовах.

При проведенні виробок в екстремальних умовах, проходці завалів, а також кріпленні обвалених виробок крім стандартного комплекту оснащення (протитеплого, протигазового та ін.) використовують гідравлічні інструменти.

В даний час вітчизняними та зарубіжними фахівцями ведеться розробка бездротових машин-роботів, оснащених різними газовими

датчиками та камерами для покращення видимості навіть у умовах вкрай слабкого освітлення, використання яких на першому етапі прохідки виробок малого перерізу в екстремальних умовах збільшило б ефективність гірничопрхідних робіт. Крім того, наявність машин-роботів значно зменшило б трудомісткість та небезпеку ведення прохідницьких робіт, особливо у вугільних шахтах, де висока ймовірність присутності вибухонебезпечних газів, а також можливого обвалення покрівлі виробок.

Перший у світі робот для шахтних умов розробили у 1998 році США. Робот оснащений датчиком виявлення газу, інфрачервоною камерою, гіроскопом і радіочастотним приймачем-передавачем сигналу, але через недостатньо розвиненого керуючого обладнання, дистанція його роботи становила лише 76 м.

У 2001 році для вугільних шахт США "Remotec" був розроблений та виготовлений робот "ANDROS Wolverine V2".

Робот, вагою 550 кг, переміщався на гусеничному ході та був оснащений навігаційними та контрольними камерами з підсвічуванням, нічним баченням, двостороннім голосовим зв'язком та маніпулятором. Робот "V2" управлявся дистанційно в реальному часі з відстані до 1,5 км. Однак, у 2006 році при використанні робота "V2" у шахтних умовах він загруз у ґрунті через недосконалість ходового обладнання після проходження 790 метрів.

Перший робот для вугільних шахт у Китаї "CUMT-I" був розроблений китайським університетом гірничої справи та технології у 2006 році.

Ні "RATLER", ні "CUMT-I" не були застосовані в умовах шахт через найскладніших екстремальних умов у зруйнованих підземних виробках.

19 листопада 2010 року внаслідок вибуху газу на вугільній шахті "Parker River" були використані роботи з диференціальним кермовим управлінням "Western AustraliaWater".

Роботизовану техніку в Росії почали застосовувати на вугільних шахтах в екстремальних умовах з 2016 р. для проведення візуальної розвідки з дистанції 1 км. Роботи, що використовуються, були оснащені камерами, датчиками газу та іншим вимірювальним обладнанням, але їх використання обмежувалося можливостями ходового обладнання, оскільки здійснення пересування у шахті після обвалення порід покрівлі не уявлялося можливим.

Вимоги до машин-робот досить високі, вони обумовлюються екстремальними гірничо-геологічними умовами вугільних шахт. Машини повинні відповідати суворим вимогам безпеки, мати вибухозахищене виконання, дистанційне управління, автономність дії та ін.

Усі зазначені вище роботи призначені для збору інформації та могли б використовуватися на першому етапі проходки виробок в екстремальних умовах, наприклад, при проведенні виробок з метою вивільнення заблокованих шахтарів у шахтах.

З метою забезпечення проведення виробок екстремальних умов та зменшення травмонебезпечних ситуацій вчені розробляють різноманітні варіанти комплексів гірських машин.

Еллер А.Ф., Пушкіна Н.Б. розробили агрегат для проведення виробок по завалу, що містить «прохідницьку машину з гвинтоповоротним механізмом, кріплення у вигляді пружної смуги, складеної в телескопічну спіраль, і блок приводів. Витки телескопічного кріплення при висуванні повертаються».

Стратиграфічний розріз ділянки, що описується.

Четвертинні відкладення представлені у верхній частині ґрунтово-рослинним шаром, у нижній – лісоподібними суглинками. Потужність четвертинних відкладень залежить від рельєфу кам'яно-вугільних порід, що підстилають та змінюються від 0,3 м до 21,0 м, переважна потужність четвертинних відкладень – 5,0 м.

Відкладення карбону: світа C52 – кам'янська. Серед переважно піщано-сланцевих відкладень почту значне поширення мають вапняки. У свиті міститься 36 вугільних пластів, з яких витримані є k5 і k3 відносно витриманими k1 та k2.

Для порід почту, характерний наступний літологічний склад: сланці піщані та глинисті – 53 %, пісковики – 43 %, вапняки – 2,4 %, вугілля – 1,6%.

Загальна потужність відкладень почту – 660 м.

Світа C42 – безкутна. Загальна потужність 390 м. Промислового значення відкладення немає.

Літологічний склад почту: сланці піщані та глинисті – 64 %, пісковики – 32 %, вапняки – 2,5 %, вугілля – 1,5 %.

Світа C32 – смолянинівська. Характеризується високою вугленосністю та має, переважно, піщано-сланцевий склад. У вкрай обмеженій кількості серед порід почту присутні вапняки. У свиті містяться 21 вугільний пласт, з яких 8 (h8, h7, h61, h6, h4, h1, h3, h12) мають робочу потужність по всій площі ділянки чи її. З них найбільш витриманими вугільними пластами є h8 та h12.

Літологічний склад почту наступний: сланці піщані та глинисті – 62,4 %, пісковики – 35,3 %, вапняки – 0,8 %, вугілля – 1,5 %.

Світа C22 – моспінська. Потужність розкритої частини становить 270 м.

Літологічний склад наступний: сланці піщані та глинисті – 75,9%, пісковики – 23,0%, вапняки – 0,4%, вугілля – 0,7%.

Розкрита частина почту містить 8 вугільних прошарків. Площа ділянки розташована у межах західної частини південного крила Чистяківської синкліналі. Південне крило пологі, північне – крутіше. Простирання порід на площі ділянки північно-західна, прямолінійна, з моноклінальними падіннями на північний схід під кутом 17-190. Сході – до 30-350, на заході з глибиною падіння порід викладається до 12-160.

Великих диз'юнктивних порушень у межах шахтного поля не виявлено, але гірничими роботами сусідніх шахт, що діють, відзначено цілий ряд дрібних флексур із амплітудою до кількох метрів. Найбільшою з них є постніківська флексурська складка, розвинена за пластами $h_{12} - h_7$ в Східній частині площі. Простирання осі складки північно-східне, падіння північне з кутами від 26-50 амплітуда зміщення порід змінюється від 50-60 м на півночі до 250 м.

У місці розвитку флексури породи сильно ослаблені, що перешкоджає ведення гірничих робіт.

Слід зазначити, що мікротектоніка через малі амплітуди складок і розривів не піддається визначенню під час розвідувальних робіт і може бути встановлена лише підготовчими чи очисними гірничими виробками. Тому під час ведення гірничих робіт можлива зустріч низки дрібних порушень, що ускладняють ведення очисних робіт.

Підтримка у робочому стані виробок, що експлуатуються у зоні впливу очисних робіт є одним з найважливіших факторів, що визначають стабільну роботу видобувних ділянок.

Продуктивність очисних комплексів, собівартість видобутого вугілля та інші техніко-економічні показники роботи шахти перебувають у прямої залежності від стійкості відповідного комплексу горизонтальних та похилих виробок. Досвід роботи гірничих підприємств показує, що підтримка виробок у зоні впливу очисних робіт – досить складне, трудомістке і дороге завдання. Поєднання великої кількості факторів, що впливають (кут нахилу пласта, його потужність, міцність, шаруватість, обводненість гірських порід, температура навколишнього середовища, нерівномірність завантаження кріплення тощо) визначає ті труднощі, які пов'язані із забезпеченням стійкості виробок.

Визначальними факторами, що впливають на стійкість, є геомеханічні процеси, пов'язані з виїмкою пласта і подальшим обваленням порід, що залягають у покрівлі. Облік цих факторів призвів до розробки та

впровадження різних кріплень, що відрізняються особливостями конструкції, принципом роботи, характером взаємодії з породним масивом та т.п. Використовувані кріплення в ряді випадків дають позитивний ефект, однак, не можна вважати питання забезпечення стійкості виробок у зоні впливу очисних робіт вирішеним до кінця.

З метою встановлення характерних видів проявів гірського тиску в підготовчих виробках було проведено детальне візуальне обстеження цих виробок загальною протяжністю 1650 м. У ході проведеного обслідування встановлено, що найбільш характерними видами проявів гірського тиску в протяжних виробках є деформації та пошкодження кріплення (розрив хомутів при просадці арок кріплення в замках), деформації тіла арок (з їх розривом у зоні впливу лави, пошкодження та руйнування затяжки) та незначне пучення порід ґрунти. Зазначені види проявів гірського тиску стають більш інтенсивними при впливі очисних робіт та зоні геологічних порушень.

Дослідження характеру деформування металевих арок кріплення у умовах впливу очисних робіт включало в себе всебічний багатоетапний аналіз результатів.

На першому етапі проводився аналіз гірничо-геологічних умов розташування виробок та даних щодо обсягів ремонтних робіт за останні роки.

На другому етапі проводилося візуальне обстеження стану виробок, у процесі якого визначалися абсолютні значення обсягів деформацій та руйнувань елементів кріплень та ділянок виробок і найбільш характерні види руйнувань та деформацій.

При проведенні візуальних спостережень кріпильні рами нумерувалися крейдою. Нумерація йде у зростаючому порядку від гирла штреку до забою.

У період проведення спостережень у робочий журнал заносилися відомості щодо відступу від паспортів кріплення, зразкових розмірів і якості забутування закріпного простору та ін.

Надалі в процесі спостережень відзначалися всі зміни стану рам кріплення: деформації її елементів, руйнування деталей, що скріплюють і т.д. Найбільш характерні зміни ескізувались.

Аналізуючи дані про стан гірничих виробок та результати виконаних візуальних обстежень підготовчих виробок можна відзначити, що значна частина оглянутих виробок перебуває у незадовільному стані, заважає ритмічній роботі шахти, погіршує провітрювання та транспорт.

На наступному етапі проводилися інструментальні вимірювання, в процесі яких визначалися зміщення покрівлі, ґрунту та боків виробітку та зміни кривизни арок кріплення.

Для встановлення характеру прояву гірничого тиску у підготовчих виробках шахти було вибрано два напрямки: інструментальні дослідження в зоні впливу очисного вибою лави та поза зоною впливу.

Як основний метод досліджень прийняті інструментальні спостереження за зміщеннями порід та кріплення на контурі перерізу виробок. Точність оцінки зміщень кріплення виробок визначається поставленими конкретними завданнями і становить 5 см (при візуальних спостереженнях) та 0,5 см (при вимірюванні зсувів вимірювальною рулеткою).

Методика шахтних спостережень включає кількісні критерії стану кріплення, обґрунтування плану контролю (вибір представницької ділянки та необхідної кількості контрольних рам), а також анкету з обстеження виробітку. Важливими елементами методики був вимір вертикальних і горизонтальних складових зсувів контуру кріплення вироблення та дослідження згинальних моментів в елементах рамного кріплення за допомогою кривизноміру НГУ.

Дані гірничо-геологічних умов розробки та властивостей, що вміщують порід показують, що досліджувані виробітки перебувають у досить складних умовах експлуатації. Великі глибини ведення робіт, слабкі породи, що вміщують, наявність розвиненої мережі дрібних тектонічних порушень і тектонічних зон негативно б'є по стані виробок. До цього слід додати вплив очисних робіт, що суттєво збільшує складність підтримки підготовчих виробок в експлуатаційному стані.

Навантаження на дві сусідні рами, як правило, неоднакова, причому величина навантаження на довжині одного кроку рам може змінюватись кілька разів. Така нерівномірність у розподілі навантаження на кріплення вздовж вироблення пояснюється нещільністю забутовки, порушеністю та неоднорідністю навколишніх порід, відмінністю механічних характеристик окремих рам кріплення, розбіжністю моментів спрацьовування замків податливості, невдалою конструкцією затягування та іншими факторами. В результаті цього площа дії навантаження відхиляється від центральної площини рами, так що елементи кріплення, поряд з обтисненням поздовжньої силою і вигином у площині рами, відчують також скручують дії та вигин із згаданої площини.

Останні два силових впливи посилюються часом взаємними переміщеннями окремих пачок навколишніх порід. Додаткові крутящий і згинальний моменти суттєво посилюють напружений стан елементів кріплення. Справді, натурні спостереження показують, що в складних умовах металеве кріплення втрачає несучу здатність у вигляді просторової згинально-крутильної деформації. В основі визначення навантаження на кріплення виробок непрямыми методами лежить вимір деяких величин, які пов'язані з шуканою опосередкованим (неявним) чином. Силовий вплив породного масиву (навантаження) на металеве кріплення викликає деформацію її елементів з появою згинальних моментів. Деформація арки у довільній точці своєю чергою пов'язані з зміною кривизни у цій точці. Таким чином, зміна кривизни у фіксованій точці деформованої металевої

арки функціонально пов'язана з навантаженням, розподіленої за контуром арки.

3. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

Охорона гірничих виробок – це комплекс гірничо-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки вироблення відповідно до технічних умов безпечної її експлуатації протягом усього терміну служби.

У різні роки розробкою способів охорони та підтримки гірничих виробок займалися Бажин Н.П., Глушко В.Т., Друцько В.П., Заславський Ю.З., Зборщик М.П., Косков І.Г., Кошелєв К.В., Литвинський Г.Г., Максимов А.П., Назимко В.В., Роєнко О.М., Усаченко Б.М., Черняк І.Л. та ін.

Стійкість породних оголень і кріплення підготовчих виробок, що охороняються, залежить від низки геологічних і гірничо-технічних факторів: фізико-механічних властивостей порід, кута падіння та потужності пласта, тріщинуватості порід, глибини закладення, форми перерізу та розташування вироблення, але по відношенню до очисних виробок і т.д. Але головними факторами, що впливають на збереження вироблення, як відомо, є напружений стан порід, що вміщують, і значення їх фізико-механічних показників.

Можна виділити три основні напрями з охорони виробок: зміцнення слабких порід; розвантаження масиву від надмірної напруги; зведення штучних споруд, кріплень за межами контуру виробітку для управління станом масиву порід, що вміщують вироблення. Заходи з охорони виробок можуть виконуватися: заздалегідь (зміцнення масиву порід, розвантаження масиву від надмірної напруги шляхом підробітку траси виробітку); в період спорудження виробітку (зміцнення масиву порід, розвантаження від надлишкових напруг із споруджуваного вироблення слідом за рухом вибою); у період експлуатації (тампонаж закріпного простору, зміцнення порід, зведення штучних огорож за межами контуру виробітку з метою збереження її для повторного використання).

Усі способи охорони виробок розробляються та вдосконалюються головним чином у двох напрямках:

- 1) збереження або відновлення фізико-механічних властивостей навролишніх порід, а в окремих випадках і збільшення їх природної міцності;
- 2) зниження концентрації напруг в навролишніх виробленнях породах шляхом зміщення зони підвищених тисків у глиб масиву на певну відстань за допомогою різних гірничо-технічних заходів.

На шахтах України досі найпоширенішими способами охорони підготовчих виробок були вугільні ціліки та бутові смуги. Ці способи охорони мають суттєві недоліки:

- 1) зі збільшенням глибини розробки понад 700 м ціліки, концентруючи на себе великі навантаження, що не забезпечують протягом заданого терміну служби необхідну стійкість підготовчого виробітку. Збільшення ж розмірів целиків, особливо на потужних пластах, призводить до значних втрат підготовленого до виїмки вугілля;
- 2) охорона виробок цілком, а тим більше при їх збільшенні, призводить до зростання обсягу проведення підготовчих виробок за рахунок подовження збіжок, печей та просіків;
- 3) при розробці світ пластів (особливо при потужності міжпластий менше 40 м) ціліки, що залишаються на одному з пластів, надають шкідливий вплив на очисні роботи та на підтримку підготовчих виробок на суміжних пластах;
- 4) наявність ціликів та бутових смуг знижує безпеку праці на викиднебезпечних та ударонебезпечних пластах;
- 5) охорона виробок бутовими смугами при існуючій ручній кладці дуже трудомістка, а велика податливість бутових смуг (до 50% виймається потужності пластів) вимагає суттєвого збільшення поперечного перерізу вироблення та застосування більш складного та дорогого кріплення з підвищеною податливістю;

б) застосування бутових смуг при розробці почту пластів не виключає з часом шкідливого впливу залишених бутових смуг на вироблення, що проводяться над або під ними, тому що після усадки смуги починають працювати як цілики.

При перерахованих вище способах охорони вироблення виявляються послідовно в зоні впливу тимчасового і залишкового опорного тиску, а в надалі відчують вплив ціликів і бутових смуг як штампів. Тому потрібно прагнути до застосування таких способів проведення та охорони виробок, щоб вони:

- не зазнавали впливу тимчасового опорного тиску;
- знаходилися надалі в ділянках знижених напруг залишкового опорного тиску;
- при впливі тимчасового опорного тиску перебували надалі у ділянках знижених напруг зони залишкового опорного тиску;
- не відчували залишкового опорного тиску взагалі.

Цим принциповим вимогам тією чи іншою мірою задовольняють безціликові способи охорони підготовчих виробок, які можна розділити втричі основні групи.

I група – способи охорони виробок, що підтримуються на кордоні з виробленим простором за допомогою багать, органних рядів, кушів стійок, залізобетонних тумб та інших можливих штучних огорож;

II група - способи охорони виробок, що проводяться вприсічку до виробленого простору;

III група – способи охорони виробок, що проводяться, що оформлюються або відновлюються у виробленому просторі.

Характеризуючи розвиток безціликового відпрацювання вугільних запасів, слід зазначити, що за останнє десятиліття видобуток вугілля на Донбасі з прогресивної технології збільшилася на 65%. Протяжність підготовчих виробок, охороняються безціликовими способами, становить

близько 80% річного обсягу їх проведення і лише 18-19 % протяжності виробок охороняється цілком вугілля.

Основний обсяг застосування способів підтримки виробок без залишення ціликів вугілля припадає на стовпову та суцільну системи розробки з збереженням штреків за лавою з метою їх повторного використання, а також підсвіження вихідного струменя повітря. При цьому виявляється, що найбільша протяжність виробок у незадовільному стані, що підтримуються за лавою, посідає повторно використовувані, найменша – на виробки, пройдені вприсічку до виробленого простору.

Таке положення пояснюється тим, що повторно використовувані виробки підтримуються в найнесприятливіших гірничотехнічних умовах, основними з яких є зміщення порід при проведенні виробітку, опорне тиск попереду та за лавою по межі очисних робіт; опорний тиск у зоні впливу другої лави. Виробки, пройдені вприсічку, знаходяться в зоні розвантаження масиву і у зв'язку з цим меншою мірою зазнають впливу очисних робіт. У цьому випадку знижений гірничий тиск формується від руйнування крайової частини вугільного масиву біля меж очисних робіт.

Перехід на безцілікові схеми підготовки пластів та погіршення гірничо-технічних умов підтримки виробок стимулюють пошук нових технічних рішень. У літературі широко обговорюються питання щодо вибору раціональних заходів охорони та підтримки виробок. Однак проблема підтримки виїмкових виробок, що знаходяться на великій глибині в умовах підвищеного гірського тиску, у вітчизняній практиці залишається невирішеною.

Зі збільшенням глибини розробки, міцності порід покрівлі, що вміщують ширина зони деформованого вугілля зростає. Шахтними дослідженнями встановлено, що при породах нестійких та середньої стійкості присічні виробки доцільно проводити з залишенням міжлавної цілика вугілля шириною 3-5 м. Зміщення порід у таких виробках у середньому у 3 рази менше, ніж при охороні цілком вугілля шириною 15-

25 м, і в 1,2-1,5 рази менше, ніж при проведенні виробок у масиві. Зі збільшенням або зменшення ширини міжлавної цілики величина зсувів порід у присічних виробках зростає, так як при цілках шириною 3-5 м досягається максимальне розвантаження вміщувального масиву. Зі збільшенням ширини цілики до певної межі напружений стан порід зростає, сприяючи їх руйнуванню та витісненню у вироблення.

У той же час, зменшення ширини цілики викликає зростання навантаження на кріплення через залучення великої товщі порушених порід у деформаційні процеси навколо виробітку.

Зі збільшенням глибини розробки ефективність проведення підготовчих виробок вприсічку до виробленому простору зростає. Однак, поряд з цим на великих глибинах сумарна величина зміщень порід таких виробках досягає порівняно великої величини.

Проведення виробок вприсіку до виробленого простору переважно реалізується у важких гірничо-геологічних умовах, коли повторне використання виробок пов'язане з великими матеріальними витратами. При цьому в 70% випадків проведення виробок уприсічку до виробленого простору переважає схема із залишенням вугільного цілика шириною 1-3 м.

Повторне використання підготовчих виробок на шахтах Донбасу застосовують при різних системах розробки, яке ефективність залежить, головним чином, від потужності пласта та стійкості порід. Близько 80 % повторно використовуваних виробок посідає пласти потужністю до 1,2 м. В умовах нестійких порід частка лав, що відпрацьовуються з повторним використанням виробок, становить 15%.

Підготовчі виробки використовують повторно у широкому діапазоні гірничо-геологічних умов: при потужності пласта до 2 м, вугілля палення до 35°, вміщаючих породах різної стійкості, на пластах різної метанообильності, на небезпечних та не небезпечних за викидами вугілля та газу, різної глибини розробки.

Стійкість підготовчих виробок визначається багатьма гірничотехнічними факторами, зокрема схемою підготовки та системою розробки, способами їх охорони та кріплення.

Основною умовою забезпечення стійкості підготовчих виробок є швидке введення кріплення в роботу. Як наголошується в роботі, це в даний час одне з головних питань у вирішенні проблеми охорони та підтримки підготовчих виробок. За відсутності забутовки або її неякісної зведенні кріплення тривалий час не чинить опору зміщенню порід, що сприяє утворенню зон зруйнованих порід навколо вироблення великих розмірів.

Основним видом кріплення підготовчих виробок глибоких шахт Донбасу є металева аркова податлива кріплення зі спецпрофілю. У нині найбільшого поширення набула триланкова арочна кріплення, ефективність застосування якої з глибиною знижується через її малу конструктивної податливості (трохи більше 300 мм).

Маючи низьку несучу здатність, арочне податливе кріплення не впливає на геомеханічні процеси, що протікають навколо вироблення, будучи, по суті, огорожувальною конструкцією, функції якої зводяться до запобігання робочого простору виробітку від вивалів і висипання зруйнованих порід, що відшарувалися від порушеного масиву в покрівлі та боках.

Досвід застосування способів, при яких підвищують відсіч кріплення стійками посилення показує, що їх установку потрібно проводити попереду лави за зоною активного прояву опорного тиску. Інакше ефективність заходу знижується. При заляганні в покрівлі піщаних сланців ця відстань має досягати 60-90 м, а за глинистих сланців - 30-40 м.

На думку І.Л. Черняка в глибоких шахтах Донецького басейну підсилюючі кріплення ефективно застосовуються при заляганні в покрівлі вугільних пластів тонкошаркових порід типу глинистих та піщаних сланців. Основне призначення посиленого кріплення є перешкода

зміщенням порід та зменшення протяжності зони активного прояву опорного тиску.

У сприятливіших умовах підтримки перебувають виробки, споруджувані позаду очисного вибою за суцільної системи розробки. Цю систему широко застосовують у дуже складних гірничо-геологічних умовах, на великих глибин. Витрати на підтримку виробок за суцільною системою значно нижче, ніж при їх проведенні з випередженням очисного вибою або стовпової системи з повторним їх використанням.

Особливу групу становлять виробітки, що проводяться в попередньо розвантаженому масиві гірських порід. До них відносяться виробітки, що проводяться вслід за лавою з двосторонніми охоронними смугами, що проводяться вприсічку до виробленого простору по обрушеним і ущільненим породам пласта, що розробляється в попередньо надпрацьованому і підробленому масиві.

У таких виробках глибина розробки не має істотного впливу на стан порід, що вміщують вироблення, тому збільшувати щільність установки кріплення немає необхідності.

Однак, враховуючи той факт, що високі навантаження виникають переважно у лавах, що відпрацьовуються за стовповою системою, а також те, що частка цієї системи з року в рік зростає, завдання вдосконалення способів підтримки виробок при стовповій системі набуває особливої актуальності.

Широке поширення для охорони підготовчих виробок на Донбасі набули породні бутові смуги. Основною перевагою цього способу охорони, яка виходить за межі вимоги щодо забезпечення підтримки вироблення, є можливість залишення породи у шахті. Однак, висока трудомісткість зведення смуг вручну, а також велика їхня податливість при ручній викладення, знижують ефективність їх застосування з точки зору підтримки виробітку. Підвищення щільності породних смуг сприяє поліпшенню стану підготовчих виробок, а отже, зниження витрат на них.

Найбільша ефективність застосування породних охоронних смуг досягається при суцільній системі розробки, коли породу від проведення вироблення безпосередньо на місці закладають у вироблений простір. Необхідність транспортування породи від прохідницьких вибоїв до спеціальних дробильно-закладним комплексам, а від них по трубах на значні відстані до очисних вибоїв знижує економічний ефект застосування бутових смуг при стовповій системі розробки. З точки зору підтримки охорона виробок породними смугами, що зводяться вручну або скреперними установками, має недолік, пов'язаний з нерівномірним опусканням порід покрівлі вироблення за лавою через асиметричне навантаження кріплення та передчасне її деформації. Крім того, у певних ситуаціях породна смуга, уподібнюючись до вугільного масиву, стає концентратором напруг, працює як штамп, провокуючи витіснення нестійких порід, що вміщують підготовчий виробіток.

Багато років на шахтах Донбасу широко і успішно в різних гірничогеологічних умовах, у тому числі і на великих глибинах, застосовується спосіб охорони виробок бутовими смугами, що викладаються з породи, що отримується від підривки ґрунту або покрівлі виробітку, що проводиться широким вибоєм. Охорона виробок бутовими смугами поєднує метод розвантаження масиву від тиску, особливо в перший період експлуатації виробок, і метод огороження вироблення смугою з великою здатністю, що несе. Застосування цього способу охорони стримується відсутністю надійного та продуктивного закладного обладнання. У зв'язку з цим великий інтерес представляє розроблений дробильно-закладний комплекс «Титан-1», призначений для механізації закладних робіт під час проведення пластових підготовчих виробок за лавою чи широким вибоєм. При збереженні виробітку за лавою при проведенні її вприсічку застосовуються бутові смуги, у тому числі подвійні. Одна смуга опорна, шириною 6-7 м викладається на відстані 6-8 м від штреку. Вона приймає основне навантаження з боку порід покрівлі.

Друга смуга шириною 2-3 м зводиться безпосередньо біля штреку. Порожній простір між смугами є ємністю, в яку видавлюються породи. Крім того, за такої конструкції охоронної споруди досягається більш плавне зниження напруженості порід покрівлі та ґрунту у напрямку до вироблення. Охорона штреку односторонньою бутовою смугою недосконала через невідповідність компресійних характеристик смуги та пласта вугілля. У зв'язку з цим виникають несиметричні щодо штреку напруги, що негативно впливають на рівновагу порід. Вирішення цього питання знаходять у штучному ослабленні масиву бурінням розвантажувальних свердловин великого діаметра. Застосування бутових смуг шириною більше 3-4 м так само, як і ціликів вугілля, позначається негативно при виїмці нижчих пластів. У зв'язку з цим бажано, щоб штучна смуга після її використання могла бути розвантажена чи ліквідована.

У роботі зазначається, що на шахтах Західного Донбасу викладення смуг із закладних матеріалів у лавах, зонах сполучення лав зі штреками – один із ефективних способів їх охорони. В умовах покрівлі, що важко обрушуються, закладні смуги є основними засобами для охорони сполучення і ніш в періоди посадки покрівлі. Викладка закладних масивів на парах лав зі штреками дозволяє не тільки підтримувати їх в експлуатаційному стані і повторно використовувати для відпрацювання сусідніх стовпів, але також забезпечує краще провітрювання штреків, так як переріз штреку, що охороняється смугою, більше, за інших рівних умов, ніж не охороняється.

При охороні штреків смугами з порожніх порід забезпечується безвідходність технології їхньої проходки.

Збільшення обсягу застосування стовпової системи розробки з підтримкою штреків за лавою зумовило виконання значної кількості робіт, спрямованих створення штучних околоштрекових огорож. на малих і середніх глибинах широке застосування знайшли штучні огорожі, та ті, як чуракові стінки, дерев'яні багаття, тумби БЖБТ, органні ряди. На глибинах

понад 600 м для охорони виробок в основному використовують накатні багаття, булокостри, кущо багаття в поєднанні з органічними рядами. Виробітки, як правило, проводять збільшеним перетином. Використовують кріплення підвищеної конструктивної податливості, яку в зоні впливу очисних робіт підсилюють гідравлічними стійками або дерев'яними ремонтами.

Однак, як показує практичний досвід, зі збільшенням глибини спостерігається скорочення обсягу застосування повторного використання виробок при стовпових системах розробки. Такий стан справ пояснюється тим, що з глибиною у кілька разів збільшуються зміщення порід, і повторне використання виробок пов'язані з великими витратами їх підтримку. Між тим, застосовувані традиційні засоби охорони виробок (чуракові стінки, БЖБТ, дерев'яні огороження), з точки зору їх підтримки, рівноцінні та практично не впливають на величину та інтенсивність зміщень порід.

У роботі вказується, що, незважаючи на переваги охорони виробок проведенням їх повторно вприсічку до виробленого простору, цей метод веде до зниження концентрації гірничих робіт і викликає збільшення питомого обсягу підготовчих робіт. Найбільш перспективним вважається спосіб охорони виробок за допомогою штучних огорож, що зводяться вздовж штреку за першою лавою. Якщо породи покрівлі слабкі, що легко обрушуються, автори рекомендують обрушувати покрівлю на посилену штрекове кріплення, а при покрівлі, що важко обрушується, - на смуги з твердіючих матеріалів.

Спосіб охорони виробок смугами із матеріалів, що твердіють вперше випробувано на шахті №9 «Великомостівська» ПЗ Укрзахіддугілля. Ширина смуги – 1,3 м при потужності пласта, що виймається, 1,4 м. Зближення ґрунту з покрівлею в штреку зменшилося в 3 рази.

В ІДД ім. А.А. Скочинського [24] проведено оцінку галузі застосування способу охорони штреків за лавою жорсткими смугами в

залежності від глибини робіт, потужності пласта і міцності порід, що вміщують. Встановлено, що цей спосіб технічно доцільний при глибинах до 700 м, міцності порід покрівлі більше 25 МПа та ґрунту 45 МПа. На великих глибинах міцність порід має бути не менше 45 МПа.

За даними роботи у 2000-2001 році на шахті «Червоноармійська Західна» №1 успішно було застосовано спосіб охорони виробок литими смугами з різних сумішей.

У роботі вказується, що на шахтах Донбасу 19% виробок, що охороняються залізобетонними тумбами, перебуває у незадовільному стані.

На шахтах, де покрівлі пластів, що розробляються, представлені переважно легко-і середньообрушуваними породами застосування БЖБТ виявляється досить ефективним. Однак, як показує практика, за наявності потужних порід, що важко обрушуються, ефективність цього способу знижується.

Незадовільний стан виробок, що охороняються залізобетонними блоками, пояснюється низкою недоліків, властивих цьому засобу охорони. Так, через нерівну поверхню на контактах блоків виникають напруги, що перевищують міцність матеріалу; при нерівномірному навантаженні блоки часто працюють на розтяг, що різко знижує їхню несучу здатність; при встановленні блоків на дерев'яні прокладки останні є поверхнями ковзання, через що огорожі втрачають стійкість і перекидаються.

Литі смуги з матеріалів, що твердіють, призначені для створення ефективної лінії обвалення зависаючих порід покрівлі пласта вздовж межі виробленого простору, підвищення стійкості виїмкового штреку завдяки зменшенню зсувів порід та навантаження на кріплення, а також запобігання надмірному витоку повітря.

При даному способі охорони виробок міцність смуги підбирали близьку до міцності порід, що вміщують. Інакше мало місце вдавлювання смуги в покрівлю та ґрунт або її руйнування. Як показує аналіз

зарубіжного досвіду, основними перевагами нового способу підтримки виробок у порівнянні з породними смугами та дерев'яними багаттями є швидкий розвиток опору литою смугою при мінімальній податливості, забезпечення рівномірно розподіленого навантаження з боку порід, що зміщуються на арочну штрекову кріплення, що сприятливо позначається на умовах її роботи. При цьому основним призначенням околоштрекової лінії є забезпечення опори породам покрівлі пласта. Смуги із швидкотвердіючих матеріалів набувають опір, що дорівнює опору одного дерев'яного багаття в 6-7 м за лавою, тоді як дерев'яне багаття досягає своєї повної несучої здатності 20-30 м за лавою. В деяких випадках твердіючий матеріал поміщають в оболонку.

Промислове впровадження способу охорони підготовчих виробок литими смугами, яке здійснюється на шахтах Донбасу за рекомендаціями та за науково-технічного керівництва авторів, показує його явну перспективність.

Застосування литих фосфогіпсових смуг для охорони підготовчих виробок дозволило повністю відпрацювати виїмкові стовпи, зберігши вироблення для повторного використання з незначними витратами їх ремонт.

У вітчизняній практиці окремі експериментальні роботи щодо дослідження ефективності застосування литих смуг для охорони підготовчих виробок проводили у Дніпрогіпрошахті, Донуги, ІГД ім. А.А. Скочинського. Дослідження свідчать про те, що при охороні виробок литими смугами не завжди відбулося зниження конвергенції порід. Так, лита смуга виявилася ефективною у тих випадках, коли основні усунення порід відбуваються за лавою, тобто. у момент зведення смуги, коли покрівля пласта ще не порушена.

Характеризуючи засоби охорони виробок, що застосовуються в Донбасі, слід зазначити, що найбільш простими у зведенні є дерев'яні багаття.

Основними їхніми недоліками є малий опір та велика податливість. Штучні засоби охорони за наявності у покрівлі пласта стійких порід не забезпечують їх обвалення, а при плавному ж опусканні порід покрівлі у вироблений простір у масиві навколо виробітку виникають високі напруги, що призводять до значних зсувів порід та деформації кріплення.

Для збільшення жорсткості навколоштрекових огорожень при покрівлях, що важко обрушуються, з метою обриву консолі завислих порід застосовують багаття із шпального бруса, заповнені породою. Велика трудомісткість їх зведення, а також відсутність початкового розпору неможливо використовувати ці засоби охорони у широкому діапазоні гірничо-геологічних умов.

За даними роботи, охорона виробок у міцних вміщуючих породах (більше 40 МПа) найбільш ефективна при застосуванні як огорожувальної смуги жорсткого дворядного органного кріплення з дерева. За меншої міцності порід охорона виїмкових штреків здійснюється багаттями або чураковими стінками на глиняному розчині. Така смуга має меншу здатність, що несе, але більш стійка і, мабуть, більше відповідає за міцністю породам покрівлі і ґрунту пласта.

У роботі розглядаються можливості застосування як огорожі органні ряди, багаття з органними рядами, кущі стійок; багаття з шпального бруса, заповнені породою; багаття або органні ряди з бутовою смугою; смуги із твердіючих матеріалів та ін.

У ряді країн для підвищення стійкості підготовчих виробок використовують тампонаж закріпного простору і порід, що твердіють розчинами. В Україні тампонаж як спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок, що примикають до очисного вибою, взагалі не застосовується.

Тим часом вітчизняний досвід, дослідження авторів свідчать про тому, що тампонаж закріпного простору і порід, що вміщують, у найбільш

несприятливих гірничо-геологічних умовах поза зоною впливу очисних робіт є найбільш ефективним способом підвищення стійкості виробок.

Зі зростанням глибини розробок все більшого значення набуває стійкості вміщуючих пласт порід покрівлі та ґрунту та бічна стійкість самого пласта. Ефективним засобом зміцнення порід та вугілля є їхнє анкерування. Розроблено велику кількість конструкцій анкерних кріплень із закріпленням цементними розчинами або поліефірними смолами.

Анкерне кріплення, встановлене відразу після проведення вироблення, не дає породам втратити свою монолітність. Прогресивними видами анкерної кріпи є ті, які скріплюють масив по всій довжині анкера.

Одним із способів зміцнення порід навколо виробок, що знайшли деяке практичне застосування, є зміцнення ґрунту вироблення цементним розчином, що закачується в шпури з попереднім підриванням них невеликих зарядів вибухових речовин.

Розвантаження масиву вугілля від тиску бурінням свердловин великого діаметра має гарні перспективи, тому що дозволяє регулювати механічне стан крайової частини пласта. Цей спосіб впроваджено на шахтах Донбасу і показав свою ефективність, але широкого поширення на практиці поки не одержав через відсутність відповідного серійного обладнання.

На підставі викладеного можна дійти висновку, що питання вибору раціональних засобів та способів кріплення та підтримки підготовчих виробіток у складних умовах експлуатації все ще дуже актуальні, оскільки від їхнього правильного вирішення залежать і безпека робіт, і своєчасна підготовка очисного фронту, і техніко-економічні показники.

Вибір раціонального способу охорони підготовчого виробітку визначається прийнятою технологічною схемою підготовки та відпрацювання пластів вугілля, яка, у свою чергу, залежить від великої кількості гірничо-геологічних та гірничотехнічних факторів: глибини гірничих робіт, складу порід, що містять пласт вугілля, та їх фізико-

механічних властивостей, газоносності пластів, схильності їх до самозаймання, технічних засобів для організації провітрювання та інших факторів.

Найбільш раціональні способи охорони вентиляційних та відкаткових штреків для пластів пологого та похилого залягання приймають з позицій геомеханіки, метанообильності пластів та ендегенної пожежонебезпеки.

Виділяють такі способи охорони виробок:

1 – підтримка виробок у масиві вугілля з погашенням їх за вибоєм одинарної або спареної здвоєної лави;

2 - повторне використання розташованих на кордоні з виробленим простором виробок, що охороняються за допомогою штучних огорож або ціликів вугілля (при їх погашенні за другим очисним вибоєм; при їх збереженні за другим очисним вибоєм з метою вентиляції);

3 – повторне використання однієї з спарених виробок, що зберігаються за допомогою тимчасових ціликів вугілля, що витягуються при відпрацюванні другого очисного вибою, або за допомогою породних смуг, що зводяться в процесі проведення спарених виробок (при їх погашенні за другим очисним вибоєм; при їх збереженні за другим очисним вибоєм з метою вентиляції);

4 - проведення виробок вприсічку до виробленого простору раніше відпрацьованих виїмкових стовпів з погашенням їх за очисним вибоєм;

5 – оформлення виробок за очисним вибоєм та збереження їх у виробленому просторі при суцільній та комбінованих системах розробки (з погашенням після відпрацювання виїмкового стовпа; зі збереженням для відпрацювання сусіднього стовпа та цілей вентиляції).

Найбільш типовими порушеннями технології підтримки виробок, що примикають до очисних вибоїв, при відпрацюванні одиночного пласта є:

- Проведення виробок без запасу перерізу на величину зміщення порід;

- залишення у ґрунті виробок шарів порід, схильних до пучіння;
- невідповідність геометричної форми кріплення характеру зміщення порід по периметру виробітку в процесі її роботи;
- недостатня щільність основного кріплення та застосовуваних засобів її посилення;
- охорона у невідповідних гірничо-геологічних умовах;
- неправильний вибір параметрів способу охорони;
- ремонт кріплення в зоні впливу очисних робіт;
- неповна посадка покрівлі в лаві.

Для присічних виробок додатково:

- недостатній розрив у часі між погашенням виїмкового стовпа та початком проведення присічного вироблення;
- неповне погашення виробітку в раніше відпрацьованому стовпі;
- залишення ціликів розміром менше 2 м при схемі із залишенням ціликів;
- відсутність посилення кріплення за наявності в боках виробок глини;
- несвоєчасне зведення засобів посилення основного кріплення;
- недостатній дренаж підшви виробок.

Для виробок, що оформлюються за очисним вибоєм:

- неправильний вибір місця розташування вироблення;
- неправильний вибір параметрів огорож для охорони виробок.

Для виробок, що проводяться за виробленим простором:

- Передчасне їх проведення без урахування ступеня ущільнення обрешечених порід.

Найбільш типові порушення технології підтримки виробок, проведених при відпрацюванні почту зближених пластів:

- неправильний вибір місця розташування виробітку щодо крайових частин раніше відпрацьованих лав за вище-або нижчими пластами;
- неправильний вибір меж очисного простору діючих лав щодо раніше пройдених виробок на вище або нижчележачих пластах;

- відсутність заходів щодо посилення кріплення виробок, що проводяться під (над) крайовими частинами пластів або ціликами, а також виробок, що піддаються безпосередньо надробітку або підробітку.

Досвід роботи шахти показує, що несприятливий стан підготовчих виробок є одним із вузьких місць, що стримують розвиток та погіршують комфорт виробництва. На фоні постійного збільшення глибини розробки вугільних пластів та інтенсивності їх відпрацювання значно зростає величина гірського тиску, що призводить до різкого погіршення умов проведення та підтримки підготовчих виробок. Численні існуючі способи та засоби забезпечення їх стійкості виявляються у багатьох випадках недостатніми.

На рівні сучасних уявлень про процеси, що відбуваються в масиві гірських порід в результаті виїмки вугільного пласта, напрямки в забезпечення стійкості підготовчих виробок у зоні впливу очисних робіт можна розбити п'ять груп залежно від тих методів, якими забезпечуються сприятливі умови підтримки.

1. Вибір найбільш раціонального розташування виробок щодо очисних робіт.

2. Створення спеціальних охоронних елементів, що протидіють силам гірського тиску або забезпечують їх мінімальний вплив, створюючи ефект розвантаження.

3. Створення спеціальних методів розвантаження, що знижують концентрацію напруг в оточуючих вироблення породах.

4. Створення способів збереження міцності порід, і навіть їх зміцнення.

5. Застосування раціональних видів кріплення, що забезпечують найбільше ефективна з погляду стійкості вироблення взаємодія з навколишніми породами в умовах сил гірського тиску, що розвиваються.

Ефективність прийнятої схеми охорони виробітку в даних конкретних умовах залежить від цього, наскільки правильно поєднуються у схемі ці напрями.

На основі виконаного вище аналізу запропоновано новий спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок в умовах шахти.

Він полягає в тому, що вироблення проводять широким вибоєм, з формуванням розкоски з боку повстання, в ній встановлюють охоронну конструкцію із залізобетонних плит, зводять арочне кріплення з посиленням трьома анкерами.

Новий спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок може використовуватися при пологому заляганні порід. Він дозволить забезпечити можливість підтримки необхідного перерізу вироблення як при відпрацюванні першої лави, так і при повторному використанні призведе до зниження обсягів та вартості ремонтних робіт та покращить техніку безпеки ведення гірничих робіт.

Обґрунтування параметрів нового способу підвищення стійкості підготовчих виробок має виконуватися на основі вивчення закономірностей зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву порід за допомогою фізичного та математичного моделювання, а також проведення шахтних випробувань.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА МОДЕЛЯХ З ЕКВІВАЛЕНТНИХ

Методи моделювання досить широко використовуються у багатьох галузях науки та техніки. Щодо механіки підземних споруд ці методи дозволяють з'ясувати основні якісні елементи механізму процесів зрушення, деформації та руйнування гірських порід при веденні очисних та підготовчих робіт. Одним із методів дослідження складноструктурних об'єктів є моделювання в лабораторних умовах різних фізичних процесів.

Мета моделювання полягає у відтворенні та вивченні на моделі фізичного процесу, подібного до того, що відбувається в натурних умовах.

У механіці гірських порід, що вивчає, як правило, об'єкти дуже великих розмірів, що застосовують моделювання другого роду, зі зменшенням абсолютних розмірів об'єктів. Масив гірських порід є дуже складним середовищем, у різних частинах якого при веденні гірничих робіт одночасно відбуваються процеси деформування різного характеру: пружне деформування, незворотні пластичні деформації, зміщення та руйнування порід із розривом суцільності. Тому теоретичні розрахунки деформування гірських порід, міцності і стійкості гірничих виробок і різних споруд у породних масивах часто являють собою завдання, яке важко вирішувати. Натурні дослідження відрізняються значною трудомісткістю, високою вартістю, вимагають досить тривалого часу.

Крім того, в натурних умовах зазвичай дуже обмежені можливості варіювання параметрами системи, технологією та послідовністю ведення гірничих робіт, тоді як при моделюванні можна простежити вплив основних параметрів у найширших межах.

Таким чином, за допомогою фізичного моделювання можливо вивчати процеси механіки гірських порід, які не дають ані аналітичних методів, ані спостереження та вимірювання в натурних умовах.

У той же час на моделях неможливо відтворити всі деталі об'єктів, що моделюються. Тому моделювання дозволяє вести вивчення процесів з певним ступенем спрощення та схематизації натурних об'єктів, що суттєво полегшує інтерпретацію результатів шахтних спостережень та вимірювань, дозволяючи з більшим ступенем узагальнення простежити та уточнити механізм процесів та максимально повно вивчити вплив на ці процеси факторів, що діють.

Зазвичай під час вирішення завдань механіки гірських порід методами моделювання випробуванню піддають серію моделей різних масштабів, використовуючи при цьому найбільш ефективний для вирішення конкретної задачі метод.

Найбільш зручним для дослідження проявів гірського тиску є метод моделювання на еквівалентних матеріалах, запропонований Кузнецовим Г.М.

Дуже цінним методом, що дозволяє отримувати важливі відносні кількісні характеристики неоднорідних напружених станів елементів складних механічних систем є також оптичний метод дослідження напруженого стану навколо підземних виробок.

При одночасному дії сил тяжкості та пружності механічному подоби задовольняє метод відцентрового моделювання та ін.

Найбільш освоєним і широко поширеним в даний час є метод моделювання, що вже відзначався вище, на еквівалентних матеріалах. Його застосовують для вивчення проявів гірського тиску в очисних та підготовчих виробках при розробці родовищ корисних копалин та у підземних капітальних виробках; пучення порід, зрушення масивів та інших фізичних процесів, що відбуваються в масиві у зв'язку з проведенням у ньому гірничих робіт.

Однією з переваг методу моделювання на еквівалентних матеріалах є можливість вимірювання показників, що відображають ПДВ масиву в областях, що цікавлять, які в натурних умовах здійснити практично неможливо через труднодоступність ділянок масиву.

Метод докладно описаний роботах Кузнєцова Г.Н., Ільштейна А.М., Шашенко О.М., рекомендації яких були використані під час виконання цих досліджень.

Сутність моделювання методом еквівалентних матеріалів полягає у заміні природних гірських порід такими штучними матеріалами в моделі, основні показники фізико-механічних властивостей яких задовольняють вимогам загальних положень теорії механічної подоби та забезпечують досягнення близької аналогії у проявах деформацій, руйнувань та зміщень порід, що відбуваються в натурі та в моделі під впливом сил тяжкості самих матеріалів, що складають модель, та відповідних привантажень.

Метод еквівалентних матеріалів заснований на теорії механічної подоби Ньютона, який передбачає геометричну, кінематичну та динамічну подобу.

За умови задоволення всіх критеріїв подібності для еквівалентних матеріалів та забезпечення геометричної подоби натури та моделі збіг механічних процесів може бути забезпечений при подобі граничних умов.

Модель досить повно відбиває ПДВ масиву в натурі. Дотримання ж граничних умов по торцях моделі неможливо, проте, з відомого принципу Сен-Венана, можна стверджувати, що роль торців стає свідомо малою на відстані від них, рівних висоті моделі.

Тому при відпрацюванні моделей виміри величин зсувів покрівлі та тиску на кріплення є достовірними тільки на її середній частині.

Моделювання на еквівалентних матеріалах дозволяє з великим ступенем детальності простежити механізм процесів у товщі порід при русі

забою вироблення, особливо процесів деформування порід з розривом суцільності, що зазвичай виключено за інших методів моделювання.

Внаслідок цього метод еквівалентних матеріалів є найбільш дієвим, завдяки чому він отримав широке застосування під час вирішення різних завдань механіки гірських порід.

Вибір еквівалентного матеріалу є одним із основних питань під час вирішення конкретної задачі методом моделювання. Широкий діапазон фізико-механічних властивостей гірських порід дуже важко відтворити на будь-якому одному типі еквівалентних матеріалів.

Тому підбір та випробування еквівалентних матеріалів для виготовлення моделей були спрямовані у бік пошуку зручнообробних сумішей, які не мали б тривалих термінів схоплювання і твердіння, а за своїми фізико-механічними властивостями забезпечували б подібність до гірськими породами. При цьому безрозмірні константи – коефіцієнт Пуассона та кут тертя – чисельно повинні збігатися в еквівалентному матеріалі та натурних гірських порід.

Крім цього, прийнятий до випробування конкретний еквівалентний матеріал повинен передусім відповідати загальним вимогам:

- кількісної подоби фізико-механічних характеристик матеріалів моделі та природи;
- якісної відповідності характеру деформування та руйнування матеріалів моделі та природи;
- технологічного характеру, що зумовлює можливість швидкого та якісного виготовлення еквівалентних матеріалів;
- структурної міцності та деформації однорідності еквівалентних матеріалів по всьому обсягу моделі;
- стабільності, тобто. незмінності у часі властивостей готового матеріалу та їх незалежності від умов навколишнього середовища.

Компоненти еквівалентних матеріалів мають бути по можливості доступними та дешевими.

Вихідними інертними матеріалами для моделювання можуть бути кварцовий або річковий пісок, мелена слюда (міка), тальк, крейда, глина та ін.

Крім того, в деяких випадках застосовуються дріб, чавунна стружка, гумова крихта, тирсу. Як цементуючі речовини в основному використовуються гіпс, цемент, силікатний клей, парафін, каніфоль, технічний вазелін.

Усі сполучні речовини поділяються на чотири групи:

1. Вуглеводні нафтового походження, що мають пластичні або пружнопластичними властивостями;
2. Неорганічні речовини, що є крихкими;
3. Синтетичні полімери, що мають тендітні або пружнопластичні властивості;
4. Смоли природного походження, що належать до крихких речовин.

Як еквівалентний матеріал була прийнята піщано-парафінографітова суміш з додаванням технічного вазеліну.

Приготування еквівалентного матеріалу виконувалося так.

Річковий кварцовий пісок ретельно просіюється та промивається для ліквідації сторонніх домішок. Потім він розсипається тонким шаром (1...2 см) на металевому листі та в умовах лабораторії проводиться його сушіння протягом п'яти днів. Щодобу пісок кілька разів перемішують з метою рівномірного просихання.

Сухий пісок змішують із відповідною кількістю подрібненого парафіну, порошкоподібного графіту та солідолу. Отриману суміш ретельно перемішують, укладають у металеву ємність із щільною кришкою та поміщають у водяну баню, де суміш прогрівається протягом 2...3 годин при температурі 130 ± 5 С. За цей час її слід 3-5 разів додатково перемішати з метою рівномірного прогріву.

Роботи з моделювання виконувались на спеціальному стенді, що є плоскою камерою з передньою стінкою з оргскла і системою важільних

домкратів. Масштаб моделювання прийнято 1:50. Внутрішня поверхня робочої камери стенду перед формуванням моделі ретельно протирається графітовим порошком для зменшення сил тертя на контакті "еквівалентний матеріал - скло". Потім загвинчується передня кришка стенда, виготовлена з прозорого оргскла завтовшки 30 мм. До верхньої кромці кришки кріпляться ребра жорсткості для запобігання витріщуванню оргскла.

Формувалася модель шарами завтовшки 5...10 мм згідно з масштабом моделювання. Для створення "монолітності" досліджуваної моделі заочення еквівалентного матеріалу проводилася наступним чином: після уочення першого шару поверхня його розпушувалась, щоб створити шорсткість для кращого зв'язку з наступним шаром, і відразу ж заочувався новий шар, що утворює монолітний загальний шар з попереднім. При закладці еквівалентного матеріалу шари з різними фізико-механічними властивостями, що уочувалися окремо один від одного з інтервалом не менше 5 хвилин і поділялися тонким шаром крейди, що також сприяло кращому візуальному сприйняттю неоднорідності масиву. Ущільнення кожного шару відбувалося внаслідок статичного застосування вантажу масою 20 кг.

Після того як модель породного масиву сформована, зверху прикладалося навантаження інтенсивністю 0,65 кН. У такому стані модель витримувалась протягом однієї години. Потім навантаження знімалося, забиравалася передня стінка стенда. Далі на поверхню моделі наносили за допомогою шнура та крейди прямокутну мірну сітку з розмірами комірки 2 x 2 см. У центрі моделі "проходила" вироблення. Висота та ширина її становила, у перерахунку на натуру, 3,5 та 5 м відповідно. Після цього, на першому етапі випробувань, виробленні встановлювалися різні кількості анкерів, на другому, залізобетонні блоки різної ширини в розкосі з боку повстання. Силкові характеристики приладів, що імітують роботу анкерного кріплення та охоронних елементів у моделі, що задовольняють умові.

При випробуваннях було прийнято технологію встановлення анкерів, близьку до натурної, тобто свердловина під анкер пробурювалася на моделі після її виготовлення, в свердловину вводили шприцом розчин, що відтворює дію закріплювального розчину, а далі вставляли стрижень із мідного дроту діаметром 1 мм, що імітує анкер. Як розчин, що закріплює анкер у свердловині, використовували силікатний клей, який був підібраний таким чином, що зусилля висмикування анкера в моделі відповідало в перерахунку за масштабом моделі зусилля висмикування в натурі і становило 180 ... 240 грам. Ступінь скріплення еквівалентного матеріалу та зусилля висмикування визначалися на блоках, вирізаних з основної моделі.

Потім на стенді закріплювалася передня стінка з оргскла, ребра жорсткості і за допомогою важільних домкратів масив, що моделюється, завантажувався.

Навантаження задавалася з інтервалом 2 кг. Деформації, що виникають при цьому мірної сітки реєструвалися фотоапаратом, встановленим в одному положенні на час всього експерименту. Якісна картина поведінки масиву будувалася на підставі вивчення змін фіксованого квадрата мірної сітки на фото.

5. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИКОНТУРНОГО ПОРІДНОГО МАСИВУ ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ НА ВЕЛИКИХ ГЛУБИНАХ

Для створення ефективних способів підтримки та охорони підготовчих виробок у зоні впливу очисних робіт мають бути встановлені закономірності геомеханічних процесів, які у районі виїмкових штреків.

Розв'язання задачі про напружено-деформований стан породного масиву в околиці підготовчого виробітку може бути отримано шляхом застосування методів механіки суцільного середовища, механіки дискретного середовища, на основі експериментально-аналітичних методів, що використовують закономірності, отримані експериментальним шляхом у поєднанні з аналітичними рішеннями. Вибір розрахункового методу визначається прийнятою гіпотезою гірського тиску та відповідною моделлю середовища.

Гіпотези формування гірського тиску поблизу підготовчих виробок

В останні роки набула поширення значна кількість гіпотез, які намагаються не тільки пояснити механізм деформації пластів вугілля і порід, що вміщують вироблення пласта, але й дати методику розрахунку величин навантажень і зсувів у виробленні та поблизу неї. Ухвалення тієї чи іншої гіпотези може мати важливе значення з погляду прогнозування величин зміщень контуру виїмкових виробок та вибору способу та засобів їх охорони та підтримки. Більшість методів розрахунку величин деформації виробок присвячено умовам розробки пластів на Донбасі.

Методи прогнозування величин деформацій виробок безпосередньо пов'язані з прийняттям як робочу ту чи іншу гіпотезу гірничого тиску. У зв'язку з цим розглянемо існуючі гіпотези гірничого тиску з погляду їх

застосування для розуміння процесу деформації масиву в умовах реальних способів охорони.

Гіпотези пластичного та пружно-пластичного середовища наведені в роботах О.М. Дінніка, Р. Феннера, К.В. Руппенейта, Ю.М. Лібермана, Ю.З. Заславського. Ж.С. Єржановим та Ю.А. Векслер розвинені положення гіпотези спадкової повзучості. Ці автори розглядають процеси деформування масиву головним чином навколо капітальних виробок поза зоною опорного гірського тиску, причому зовнішні умови приймаються ними статичними або заданими у певній, умовній динаміці.

Для вирішення завдання охорони виробок важливими є гіпотези, що охоплюють процеси формування гірського тиску не тільки поблизу виробітку, а й у товщі масиву на віддаленні від неї, у тому числі до земної поверхні.

Гіпотеза склепіння, розроблена М.М. Протодияконовим, не застосовується для великих глибин, хоча для розуміння процесу формування тиску в зоні навколо виробітку зберігає своє значення.

Гіпотеза сповзаючих призм, запропонована П.М. Цимбаревич, може застосовуватися лише при розгляді процесів зсуву, на невеликій відстані від пласта вугілля при слабких і досить однорідних породах покрівлі.

Важливі сторони складного процесу деформування товщі порід розглядають гіпотези сипучого та тріщинуватого середовища, а також гіпотеза плит, розроблена В.Д. Слюсарєвим.

Гіпотези склепіння, плит, балок, що сповзають призм тощо. Розглядають масив у статичному стані, а механізм формування тиску гранично спрощують. При цьому обсяг масиву, що враховується такою гіпотезою, як правило, обмежений. Це призводить, стосовно великих глибин розробки в одних випадках (гіпотеза склепіння) до сильно занижених розрахункових величин тиску в районі виробітку, в інших (гіпотеза призм) – завищеним.

Особливістю процесу перерозподілу гірського тиску на великій глибині є зменшення ролі таких локальних проявів, як, наприклад, склепіння природної рівноваги. Замість склепіння з обваленими породами на велику глибину утворюється зона розтягування.

Реальний гірський масив не є тільки пружним, пластичним, сипким, тріщинуватим, що складається з плит і т.д. Товща порід одночасно або у певній послідовності виявляє всі зазначені властивості. До сьогодення відсутня узагальнююча гіпотеза гірського тиску і відповідний апарат, що її описує.

Отримання замкнутих математичних рішень для такого складного об'єкта, яким є підготовче вироблення, що знаходиться в породному масиві з неоднорідною структурою, неможливо у принципі. Єдиний шлях, що веде до ефективного вирішення поставленого завдання, полягає в розробці та дослідженні комп'ютерних моделей на основі будь-якого добре розробленого чисельного методу. Різноманітні додатки чисельних досліджень розробки вугільних пластів підземним способом наведено у книгах Н.А. Жданкіна, Л.В. Новікова та ін.

Аналіз чисельних методів дослідження напружено деформованого стану породного масиву

У цьому роботі, на вирішення поставлених завдань використовувалися чисельні методи механіки деформованого твердого тіла. Вони мають найбільшу спільність при описі механічних процесів у породних масивах і конструкціях, оскільки вільні від впливу приватних факторів, що відображають специфіку гірничотехнічної ситуації. Чисельні методи дозволяють досліджувати механічні в більш широкому діапазоні, тобто. дають можливість як якісно, а й кількісно прогнозувати прояв гірського тиску.

Серед чисельних методів вирішення завдань механіки суцільного середовища можна відзначити метод кінцевих елементів, метод граничних

елементів, метод сіток, метод дискретних елементів та прямі методи математичної фізики.

Цирульниковим М.М. використаний досить простий для чисельної реалізації метод (метод Галеркіна), у якому компоненти напруг і переміщень представляються як подвійних сум тригонометричних і експоненційних функцій. Однак у цій роботі розглядається лише однорідний масив.

Використання методу кінцевих різниць у явній формі для вирішення задач геомеханіки виконано Синелайром Т.С. та ін., а метод власних деформацій описаний Такато С. та ін. Еверлінг Г. запропонований метод сітчастої моделі на дослідження картини розподілу напруг у масиві гірських порід, викликаних веденням гірничих робіт.

Основні положення методу граничних елементів (МГЕ) викладені у роботах Векслера Ю.А., Колоколова С.Б., Жданкіна Н.А., Петухова І.М., Зубкова В.В., Новікова Л.В., Здвіжковій Є.А. та ін.

Теоретичні аспекти методу кінцевих елементів (МКЕ) сформульовані на роботах Розіна Л.А., Зенкевича О., Сегерлінда Л., Стренга Г. і Фікса Дж., Деклу Ж., а застосування його до вирішення завдань механіки гірських порід докладно описано в роботах Амусіна Б.З., Фадєєва А.Б., Єржанова Ж.С. та Карімбаєва Т.Д. Великий перелік робіт, у яких використовуються ідеї МКЕ, міститься у роботі.

Стосовно даних досліджень найбільш ефективний метод кінцевих елементів, оскільки він дозволяє легко моделювати різні неоднорідності середовища: шаруватість, тріщинуватість, анізотропію властивостей порід, явища фільтрації. Розроблено спеціальні прийоми для моделювання взаємодії кріплення вироблення з навколишнім масивом.

Скільки завгодно складний виріз у напівплощині, а також кінцеве число таких вирізів, що не є перешкодою до застосування методу. Так, одержання рішення про розподіл напруг у ціликах та стовбурах при камерній системі розробки не становить складності. Моделювання

обрушених порід також легко можна здійснити в рамках методу. Слід лише обґрунтовано вибрати умовні «пружні» характеристики обвалений неуцільнених порід на основі додаткових досліджень.

Апарат МКЕ застосовується не тільки до вирішення двовимірних (плоских) завдань теорії пружності. Просторова область масиву також може бути апроксимована кінцевими елементами, але вже не трикутними, а, наприклад, тетраедричними.

Зазначимо також можливість отримання МКЕ рішень на нелінійної постановці, тобто. у припущенні, що середовище деформується непружно, допускає пластичні деформації чи крихке руйнування. Використовуючи обчислювальні можливості методу, нелінійне рішення одержують як послідовність пружних рішень.

Найбільш важливими перевагами методу кінцевих елементів, завдяки яким він широко використовується, є:

1. Властивості матеріалів суміжних елементів не повинні бути обов'язковими однаковими. Це дозволяє застосовувати метод до тіл, що складаються з декількох матеріалів.

2. Криволінійна область може бути апроксимована за допомогою прямолінійних елементів або описана точно за допомогою криволінійних елементів. Таким чином, методом можна користуватися не тільки для областей з "хорошою" формою кордону.

3. Розміри елементів можуть бути змінними. Це дозволяє укрупнити або подрібнити мережу розбиття області на елементи, якщо це потреба.

4. За допомогою методу кінцевих елементів не важко розгляд граничних умов з розривним поверхневим навантаженням, а також змішаних граничних умов.

В результаті наведеного аналізу застосовуваних методів дослідження ПДВ гірничого масиву можна зробити висновок про доцільність застосування для розрахунку напружено-деформованого стану масиву в

околиці підготовчого виробітку, пов'язаного з лавою, методу кінцевих елементів.

Досвід роботи гірничих підприємств показує, що підтримка виробок у зоні впливу очисних робіт – складна, трудомістка та дороге завдання. Поєднання великої кількості факторів, що впливають (взаємний вплив очисного та підготовчого вироблення, кут нахилу пласта, структурні особливості гірських порід у межах відпрацьованого ділянки, порядок відпрацювання родовища і т.п.) визначають ті труднощі, які пов'язані з прогнозом прояву гірського тиску в лаві та забезпеченням експлуатаційної стійкості виробок у зоні впливу очисних робіт.

У роботі досліджено зміну напружено-деформованого стану породного масиву в околиці очисного виробітку, пов'язані з постійним подвигом очисного вибою. На основі розрахункової схеми, що є середнім перерізом лави, навантажений рівномірно розподіленою навантаженням від ваги вищележачих шарів, методом кінцевих елементів послідовно виконувався ряд розрахунків, у кожному з яких моделювалася очисне вироблення різних розмірів. Покроковим збільшенням розмірів відслонення моделювався відхід лави від обваленої частини порід. На кожному кроці рішення визначалися компоненти напруг, деформацій і переміщень у розглянутій пружній площині, ослабленій вирізом різних розмірів.

6. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВОГО СПОСОБУ ОХОРОНИ ТА ПІДТРИМКИ

Проведення виробітку ведеться комплексною прохідницькою бригадою ділянки ПР-3. Режим роботи вибою 4-х змінний, тривалість зміни 6 годин – три зміни робітники та одна ремонтно-підготовча. У ремонтно-підготовчу зміну проводиться ремонт машин і механізмів, ревзія та ремонт електроапаратури, нарощування конвеєра, протипожежного та вентиляційного трубопроводів, зачищення та осланцювання вироблення, настилення рейкового шляху, доставка кріпильних матеріалів та обладнання. У робітники зміни ведеться проходження та кріплення виробітку. Роботи при цьому організовуються за графіком 2 цикли на зміну.

Проходження вироблення ведеться комбайном КСП-32, який здійснює відбійку та навантаження гірничої маси. Відбита гірська маса через стрічковий перевантажувач вантажиться на стрічковий конвеєр 1ЛТ-800Д, яким транспортується до бункеру, а далі у вагонетки ВГ-2,5, що знаходяться під бункером на допоміжному ухилі. Після виїмки комбайном гірничої маси на 1,6 п.м. комбайн відганяється від вибою та проводиться установка основної – арочної кріплення та додаткового – три анкери завдовжки 3,0 м відповідно до параметрів, обґрунтованих у розділах 3 та 4 (паспортом проведення та кріплення підготовчого вироблення) та затягування покрівлі.

Кріплення вироблення податливого металевого арочного кріплення КМПА3/13,8 виконується в наступній послідовності:

- після огляду вибою та оборки породи по периметру виробітку прохідники розчищають місце для встановлення стійок і закладають лунки відповідно до паспорта кріплення;

- стійки підносяться та встановлюються по черзі в лунки і скріплюються міжрамними стяжками з раніше встановленою аркою, при

цьому бічні стяжки розташовуються на 0,8 м нижче за верхню кромку стійки;

- з робочого полиця верхняк фіксується в заданому положенні на стійках і з'єднується двома хомутами зі стійками арки, при цьому в місцях з'єднання верхняка зі стійками, дотримується проектна величина нахльостки (400 мм);

- елементи арки в кожному вузлі з'єднуються двома хомутами, затяжка гайок виготовляється робочим стандартним ключем з рукояткою довжиною 0,45 м до початку вигину планок.

- після затягування хомутів проводиться з'єднання верхняка верхньої міжрамною стяжкою, у сполучних вузлах встановлюються міжрамні дерев'яні розпірки діаметром 10 см та перевіряється правильність установки рами, після чого вона ретельно розклинюється з породами, що вміщують. Після цього проводиться затягування покрівлі і потім боків суцільно (відповідно до паспорта кріплення) затяжками;

- у міру затягування покрівлі та боків вироблення проводиться ретельне забування породою закріпного простору, за наявності великих порожнеч викладаються дерев'яні багаття.

На кріпильних рамах розташованих за 10...12 м від вибою, прохідники повинні підтягнути гайки сполучних хомутів, і надалі вони повинні регулярно підтягуватися в міру їхнього ослаблення.

Нині понад 80 % анкерів використовуються разом із швидкотвердіючими синтетичними заповнювачами. З них 90% - із закріпленням по всій довжині анкера, решта 10% - з "точковим" закріпленням. Сталеполімерна анкерне кріплення відрізняється від інших видів анкерного кріплення використанням для закріплення армуючої штанги в породі високоміцних складів, що діють на основі смол органічного та мінерального походження. Сталеполімерні анкери здатні майже миттєво після установки вступати в активну роботу з масивом і забезпечувати високу несучу здатність навіть у тріщинуватих обводнених

породах. Явні переваги сталеполімерних анкерів перед іншими конструкціями стали причиною того, що на експериментальній ділянці використовувалася саме вони. Як бурильний механізм використовувався перфоратор ПТ-54. Процес установки сталеполімерних анкерів зводиться до наступного: в шпур вводять 2 ампули, потім в ньому розміщують армуючий стрижень, який обертають за допомогою ручного електросвердла. Обертання армуючого стрижня у шпурі проводиться протягом 30...45 с. За цей час оболонка ампул, поміщених у шпурі, повністю руйнується, а компоненти сполучного складу змішуються. Для запобігання витіканню сполучного складу, при встановленні анкерів у пробурених з нахилом вгору шпурах (понад 300), на штангу надягає гумова манжета. Через 1...4 хв на контурному кінці армуючого стрижня розміщують опорні елементи, а натяг анкера проводиться вже через 15...30 хв після закінчення робіт. Далі виконують роботи, пов'язані з проведенням та кріпленням, розкошею (ширина розкоски 2,5 м), укладанням залізобетонних плит. Виконують затяжку боків виробітку. Після цього цикл повторюється.

Після проходження першої лави у підготовчому виробленні виконують незначний (за потреби) ремонт: підривання спучених порід ґрунту, вирівнювання рейкової колії, заміну затяжки. Підготовчий виробіток зберігає необхідний переріз при відпрацюванні першої лави і може використовуватися повторно, що виключає необхідність проведення нового виробітку.

Провітрювання вибою здійснюється вентилятором місцевого провітрювання ВМП-6 по прогумованих вентиляційних трубах діаметром 800 мм (в привибійної частини 600 мм). Контроль кількості повітря, що надходить у забій, здійснюється апаратурою АПТВ.

Автоматичний контроль вмісту метану на ділянці здійснюється апаратурою АМТ-3У, датчики стаціонарних автоматичних приладів контролю вмісту метану розташовується наступним чином: ДМТ-1 – у

привибійному просторі вироблення під покрівлею на відстані 3-5 м від вибою на стороні, протилежній вентиляційному трубопроводу; ДМТ-2 - у вихідному струмені виробітку на відстані 10-20 м від її гирла під покрівлею на стороні, протилежній вентиляційному трубопроводу.

Для захисного відключення електроенергії у разі порушення нормального режиму провітрювання виробітку застосовується апаратура "АЗОТ". Дана апаратура застосовується з датчиком ДКВ, який встановлюється у вентиляційному трубопроводі на відстані не більше 15 м від вибою виробітку.

Контроль за міцністю закріплення анкерів у шпурах проводився переносним гідравлічним приладом ПКА-1. Контроль якості натягу штанг анкерного кріплення здійснювався динамометричним ключем механічної дії КДМ-5. Вимірювання натягу анкерів у часі проводилося гідравлічним динамометром ДГА-1.

Сукупний аналіз даних вимірів зсувів породного масиву, що оточує вироблення, дозволяють зробити такі висновки.

Зміщення породного контуру виявляються не відразу після установки постійного кріплення, а через деякий проміжок часу, який визначається, в першу чергу, стійкістю маси порід, що вміщує вироблення, геометричними параметрами вироблення та місцем знаходження очисного вибою.

При проведенні та підтримці виробок у зоні впливу очисних робіт зі зміщеннями покрівлі, ґрунту або боків можна виділити три характерні періоду: період початкових, інтенсивних і зсувів контуру, що встановилися підготовчого виробітку. Дані вимірювань показали, що тривалість інтенсивного періоду зсувів для експериментального ділянки становить 2...3 дні, а для контрольного - 3...4 дні.

Швидкості зміщень контуру порід, що вміщують, в інтенсивному періоді формування зони порушених порід характеризуються великими

величинами для експериментальної ділянки – 15 см/сут., а контрольного – 26 см/добу.

У складних гірничо-геологічних умовах застосування запропонованого способу охорони та підтримки підготовчих виробок забезпечує уповільнення початку процесів зміщень порід покрівлі і ґрунти та значне зменшення величини зсувів на контурі виробітку.

В умовах застосовуваних на шахті способів охорони та підтримки підготовчих виробок їх ремонтують двічі-тричі: перед проходом лави і після. При використанні нового способу ремонт потрібно виконувати один раз, після проходу лави, та значно менших обсягів.

Результати натурних вимірювань, фізичного та математичного моделювання дозволили побудувати узагальнений графік зміни вертикальної конвергенції у підготовчому виробленні (рис. 5.3), що дає можливість оцінити та порівняти застосовувані технічні рішення, отримані при натурних, лабораторних та чисельних експериментах.

Результати, отримані при натурних вимірах, фізичному та математичному моделюванні, практично збігаються (розбіжності становлять 11,2%). Це підтверджує правильність вибору моделей та дозволить, надалі, обґрунтовувати параметри запропонованого способу охорони та підтримки підготовчих виробок для різних гірничо-геологічних умов.

Новий спосіб охорони та підтримки підготовчих виробок має значні економічні переваги порівняно зі способами, що застосовуються на шахті. Економія, в основному, досягається за рахунок скорочення витрат на підтримку виробітку в період експлуатації, зменшення обсягів ремонтних робіт, скорочення обсягів проведення виробок. Порівняльна економічна ефективність застосування нового способу в підготовчих виробленнях, обчислюється за прямими витратами у грошах.

При цьому враховуються витрати на:

- 1) проведення нового вироблення;

- 2) ремонт підтримуваного виробітку;
- 3) встановлення кріплення посилення;
- 4) проведення та кріплення розкоски;
- 5) встановлення анкерного кріплення.

Витрати на підтримку підготовчих виробок за нового способу порівнюються з витратами на підтримку виробок при застосуванні шахтного способу та проведення нового вироблення. Витрати відносяться на 1 п.м довжини виробітку.

Загальний економічний ефект від застосування нового способу в підготовчих виробках складається з економічного ефекту від його застосування за всіма виробками, що є на шахті.

Таким чином, натурні спостереження показали, що тривалість, величина та швидкість зміщення контуру підготовчих виробок при способі охорони та підтримки, запропонованого в даній роботі, значно менше (в 1,5 рази), ніж за шахтного.

Параметри способу охорони та підтримки: арочне податливе кріплення + додатково встановлено один анкер ($l_a = 3$ м) з боку масиву на висоті 2 м від ґрунту під кутом 300 до горизонталі, другий анкер з боку лави на висоті 3 м від ґрунту під кутом 135 і третій у покрівлі зі зміщенням від осі виробітку у бік масиву на 0,5 м під кутом 75 з боку лави в розкосі встановлено охоронну огорожу із залізобетонних плит шириною 2,5 м є достатніми для підтримки підготовчих виробок в експлуатаційному стані при повторному їх використанні для умов шахти.

7. РОЗРОБКА РІШЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК У МАСИВАХ ПОРІД РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ТА ПОКРІВЛЯХ РІЗНОЇ СТІЙКОСТІ

В даний час більшість виробок малого перерізу проводять вручну, що обмежує швидкість проходки та піддає шахтарів високому ризику при їх знаходженні поблизу привибійного простору, а існуючі гірничі машини та обладнання, що використовуються при прохідницьких роботах у шахтних умовах, мають великі габарити та не дозволяють забезпечувати проходку виробок малого перерізу.

З метою механізації трудомістких робіт та зменшення термінів проходження виробок малого перерізу необхідно розробити механізований прохідницький комплекс, який у максимально короткий термін пройде горизонтальне або похило вироблення малого перерізу.

Для забезпечення механізації процесу проходження вироблення необхідно обґрунтувати компонування комплексу та керуватися при цьому наступними положеннями:

1. Необхідно розробити прохідницьке обладнання, що забезпечує проходження евакуаційних виробок малого перерізу по породах різної міцності;

2. Кріплення привибійного простору як з боку покрівлі, так і боків виробітку елементами механізованого комплексу для забезпечення безпеки шахтарів та прохідницького обладнання від раптового обвалення ділянок масиву гірських порід (використання крокуючої механізованої кріпи МКЗО як найпростішого способу кріплення виробітку);

3. Конструкція прохідницького комплексу має складатися з вузлів, частина з яких має взаємозамінність;

4. Процес транспортування відбитої від вибою гірничої маси доцільно здійснювати скреперною доставкою або конвеєрним транспортом (стрічковий, скребковий конвеєр);

5. Необхідно використовувати вентилятор місцевого провітрювання для здійснення провітрювання привибійного простору вироблення малого перерізу з використанням вентиляційних гнучких труб, що монтуються на рамній кріпці;

6. Для забезпечення кріплення покрівлі та боків пройденого вироблення необхідно використовувати рамне кріплення, що швидко встановлюється.

Показано попереднє компонування прохідницького комплексу, головною метою якого є проведення вироблення малого перерізу у максимально короткий термін. Відбійка породи забезпечується прохідницьким обладнанням крокує кріпленням забезпечується кріплення покрівлі та боків виробітку над прохідницьким обладнанням поблизу привибійного простору. Стрічкові перевантажувачі, встановлені послідовно вздовж вироблення, здійснюють транспортування відбитого від вибою гірничої маси. Вентилятором місцевого провітрювання забезпечується подача повітря по вентиляційній гнучкій трубі, змонтованій на рамній кріпці.

Проведення вироблення малого перерізу змінює напружений стан масиву, так як стовп породи над виробленням перестає мати безпосередню опору та вага цього стовпа перерозподіляється на сусідні частини масиву. Навколо виробітку виникають стискаючі в стінках і напруги, що розтягують по ґрунту і покрівлі. Згодом це збільшує ризик раптових вивалів порід і може призвести до травмонебезпечних ситуацій для прохідників, які забезпечують проведення виробітку.

Під час проходження горизонтальних або похилих виробок малого перерізу без використання крокуючого кріплення, оголеними та незакріпленими ділянками масиву порід є покрівля, ґрунт і стінки

виробітку. Внаслідок відсутності кріплення приви́бійного простору поблизу контуру оголень збільшується концентрація напруг (σ) і в тому випадку, коли напруги перевершують межу міцності порід, відбувається їх руйнування або пластичний перебіг. Область впливу вироблення, спричинена перерозподілом напруг у масиві порід, залежить від форми та найбільшого лінійного розміру (l) перерізу виробітку. Найбільша концентрація напруг проявляється в кутах виробок і вершинах западин.

Щоб уникнути руйнування незакріплених ділянок масиву порід у приви́бійного простору під час проведення прохідницького вироблення використовується крокуюче кріплення, призначене для тимчасової підтримки покрівлі над прохідницьким обладнанням та шахтарями, що дозволить знизити травмонебезпечні ситуації для шахтарів, які перебувають у зоні ризику.

ВИСНОВКИ

На основі вперше встановлених для гірничо-геологічних умов закономірностей зміни напружено-деформованого стану породного масиву при застосуванні комплексу заходів, спрямованих на зниження негативного впливу підвищеного гірничого тиску, вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення стійкості підготовчих виробок у зоні впливу очисного простору, що розташовані на великих глибинах.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

Виконано аналіз виробничої діяльності шахти, що дозволило визначити мету та сформулювати основні завдання досліджень, які полягають в обґрунтуванні можливості повторного використання підготовчих виробок. Аналіз діяльності шахти показує, що причиною незадовільного стану підготовчих виробок є невідповідність застосовуваних заходів щодо підтримки та охорони виробок, що проявляється у великих зсувах контуру, особливо покрівлі.

Встановлено основні закономірності розвитку деформації масиву околиці підготовчого вироблення, схильної до впливу очисних робіт. Доведено, що деформування виділеного перерізу підготовчої виробітку в зоні впливу лави відбувається несиметрично, з переважанням вертикальних зсувів і перекосом кріпи у бік падіння пласта, у два етапи: з розташуванням лави на відстані від 300 м до 50 м та на відстань від 50 м до нуля; при цьому інтенсивність вертикальних зсувів на другому етапі у 5 разів вище, ніж на першому.

У шахтних умовах встановлені основні закономірності деформування елементів кріплення та визначено показник стійкості виробок, який становить поза зоною впливу очисного вибою $\omega = 0,57$, в зоні впливу – $\omega = 0,14$.

Доведено на моделях з еквівалентних матеріалів, що здійснення повного комплексу запропонованих заходів зменшує зміщення контуру вироблення та призводить до поліпшення геомеханічної ситуації навколо підготовчого вироблення та сполучення її з лавою, що підтверджує ефективність запропонованого нового способу охорони вироблення в умовах великих глибин розробки.

На основі математичного моделювання деформаційних процесів масиві навколо сполучення лави та штреку встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану масиву в залежності від характеристик елементів способу охорони підготовчого виробітку, що дозволило для умов шахти визначити раціональні параметри нового способу запобігання негативному впливу гірського тиску в зоні впливу очисних робіт, а саме: арочне податливе кріплення + один анкер (довжиною 3 м) з боку падіння на висоті 2 м від ґрунту під кутом 300 до горизонталі, другий анкер з боку повстання на висоті 3 м від ґрунту під кутом 135 і третій у покрівлі зі зміщенням від осі виробітку у бік падіння на 0,5 м під кутом 75 з боку майбутньої лави в розкосі встановлено огороження шириною 2,5 м із залізобетонних плит. Визначено крок обвалення основної покрівлі у лаві, що становить 25 м.

На основі виконаних досліджень розроблено та затверджено рекомендації щодо підвищення стійкості підготовчих виробок, що експлуатуються на глибоких горизонтах вугільних шахт.

Властивості порід покрівлі та ґрунту визначають тип механізованої кріпи та її несучу здатність. Для розробленої конструкції механізованого крокуючого кріплення прохідницького комплексу необхідно скласти номограми визначення діаметрів гідродомкратів пересування та гідростійкий крокуючого кріплення при різних варіантах навантаження прохідницького комплексу.

Теоретичні дослідження щодо визначення параметрів прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення під час пересування

Дослідження механізованого крокуючого кріплення, у тому числі на експериментальному стенді для визначення раціональних параметрів кріплення (при змінних факторах міцності порід вибою, стійкості покрівлі та боків вироблення, а також варіантів навантаження перекриттів кріплення комплексу) засновані на вирішенні рівняння балансу сил при пересуванні навантаженої секції кріплення.

Представлені варіанти навантаження крокуючого кріплення прохідницького комплексу при проходці вироблення малого перерізу.

Розглянуті вище процеси основних операцій прохідницького циклу під час проведення прохідницьких робіт дозволяють розробити алгоритм операцій проведення вироблення малого перерізу з урахуванням мінімізації кількості послідовних операцій прохідницького циклу та збільшення числа операцій, що проводяться паралельно, для зменшення термінів прохідницьких робіт з урахуванням вимог, що пред'являються до роботи прохідницького комплексу: міцність порід, стійкість покрівлі, глибина прохідницьких робіт, а також безпека та висока швидкість проведення виробок, при мінімальних витратах часу на транспортування та монтаж комплексу.

Дослідження залежності швидкості проходки вироблення малого перерізу від часу виконання основних операцій циклу та параметрів машин прохідницького комплексу

Для встановлення структури імітаційної моделі роботи прохідницького комплексу щодо прохідницьких робіт у вигляді проходки вироблення малого перерізу необхідно вибрати вихідні дані імітаційної моделі.

Для встановлення структури імітаційної моделі необхідно представляти послідовність дій під час моделювання роботи

прохідницького комплексу. Алгоритм етапів моделювання наведено у додатках. Моделювання проводилося за допомогою Mathcad.

Далі розглянуто етапи алгоритму. У блоці 1 проводиться введення вихідних даних, блок 2 - звіряється показання фактичного значення сили струму з номінальним на виконавчому органі прохідницького комплексу, блок 3 – перевірка на наявність обвалених металоконструкцій, 4, 5, 6 – перевірка на відповідність встановленого виконавчого органу комплексу умовам привибійному просторі, 7, 8, 9 – розрахунок часу на заміну виконавчого органу, що відповідає умовам у привибійному просторі, 10, 11 – розрахунок технічної продуктивності змінних виконавчих органів прохідницького комплексу, 12, 13, 14 – розрахунок часу обробки вибою за i -й цикл під час використання змінних виконавчих органів комплексу, 15 – перевірка на відповідність поруху забою за цикл, 16 – перевірка на наявність суміщених операцій при проходці прохідницької збійки, 17, 18 – розрахунок часу обробки вибою за i -й цикл, 19 – розрахунок часу циклу крокування механізованого кріплення, 20, 21 – розрахунок часу кріплення збійки, 23 – розрахунок часу підготовчих операцій, 22, 24 – розрахунок сумарного часу i -го циклу, 25 – розрахунок швидкості проходки за i -й цикл; 26 – перевірка на відповідність повного виконання всіх циклів під час проведення прохідницьких робіт, 27 – розрахунок нового циклу прохідницьких робіт, 28 – розрахунок остаточного часу проходки прохідницької збійки під час проведення прохідницьких робіт.

Результати моделювання представлені, у тому числі видно, що на величину швидкості проведення виробітку значний вплив надають міцність породи за шкалою проф. М.М. Протодияконова (f), крок пересування прохідницького комплексу, а також частота замін виконавчого органу внаслідок наявності неоднорідного складу порід вибою при проходженні вироблення малого перерізу.

Аналіз графіка показує, що швидкість проведення вироблення малого перерізу по вибою з міцністю порід ($f=2$) під час використання

прохідницького комплексу з кроком пересування ($L_{\text{цикл}}=1\text{ м}$) в рази вище, ніж при проходженні комплексом ($L_{\text{цикл}}=0,5\text{ м}$), а також у 4 рази вище при застосуванні прохідницького комплексу в порівнянні з ручною проходкою при необхідному частому кріпленні прохідницького виробітку кожні 0,5 м.

Аналіз графіка показує, що у складних гірничогеологічних умовах, коли породний склад вибою змінюється ($f=2-6$) і з'являється необхідність зміни виконавчого органу прохідницького комбайна та частого кріплення пройденного вироблення кожні 0,5 м, швидкість проходки прохідницького комплексу як мінімум у 3,5 рази вищі, ніж швидкість проведення збійки вручну шахтарями по однорідному вибою ($f=2$) з використання мінімального технічного оснащення (ручних інструментів).

За результатами імітаційного моделювання видно, що на величину швидкості проведення вироблення малого перерізу значний вплив надають міцність породи (f), частота кріплення вироблення ($L_{\text{цикл}}$), яка залежить від стійкості покрівлі та боків вироблення, а також частота операцій із заміни виконавчого органу.

Рациональна область застосування прохідницького комплексу при проведенні вироблення малого перерізу $2,25\text{ м}^2$ з урахуванням часу на МДР (12 год) в порівнянні з ручною проходкою по породах гірського масиву міцністю $f \leq 2$ в виробках з нестійкою покрівлею, кроком встановлення рамного кріплення кожні 0,5 м починається з довжини виробітку 10 м і обмежується критерієм ефективності обладнання з відвантаження та транспортування породи, що підтверджується результатами імітаційного моделювання, при цьому залежність швидкості проведення виробітку прохідницьким комплексом від коефіцієнта міцності порід виражається лінійною функцією.

Висновки

1. Теоретично обґрунтовано необхідне зусилля пересування частин прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення, яке визначає

тривалість циклу прохідницьких робіт, при цьому величина зусилля пересування має бути не менше 392 кН, а величина коефіцієнта опору пересування виражається статечною залежністю від міцності порід гірського масиву і знаходиться в межах ($k_{сопр}=0,4-6,0$), що дозволяє оцінити вплив навантаження частин комплексу з боку прилеглого гірського масиву при різних міцності порід на основний параметр (зусилля пересування).

2. Складено номограму визначення діаметрів гідродомкратів пересування та гідростійкий крокуючого кріплення прохідницького комплексу залежно від гірничогеологічних умов.

3. Визначено раціональну сферу застосування прохідницького комплексу при проведенні вироблення малого перерізу 2,25 м² в порівнянні з ручною проходкою по породах гірського масиву міцністю $f \leq 2$ у виробках з нестійкою покрівлею, кроком установки рамного кріплення кожні 0,5 м яка починається після проходження 10 м збійки та обмежується критерієм ефективності транспортного обладнання відвантаження породи, що підтверджується результатами імітаційного моделювання, при цьому залежність швидкості проходки прохідницьким комплексом від коефіцієнта міцності порід виражаються лінійною функцією.

Етапи фізичного моделювання зразка крокуючого кріплення

Параметри прохідницького комплексу значною мірою залежить від зусилля пересування секції крокуючого кріплення при обробці вибою та необхідності швидкого кріплення виробленого простору, тому передбачається експериментальне дослідження крокуючого кріплення лабораторних умов на експериментальному стенді, що імітує змінні вертикальні та бічні навантаження, що діють з боку покрівлі та боків виробітку.

З метою подальшого перерахунку величин коефіцієнта пересування секції кріплення прохідницького комплексу, отриманих на

експериментальному стенді у фактичні значення подібні під час проведення реальних гірничих робіт необхідно встановити масштабний коефіцієнт.

Дослідження взаємодії прохідницького комплексу з багатофазними середовищем проводиться за методикою масштабного моделювання.

1. Отримання вихідної інформації про процес пересування кріплення підставі: рівнянь руху, енергетичного балансу та ін; законів механіки, що характеризують перебіг процесу; розмірних та безрозмірних параметрів, що визначають перебіг процесу.

2. Отримання критеріїв подібності: методом аналізу рівнянь; методом аналізу розмірностей; з урахуванням аналізу законів механіки.

3. Встановлення масштабних залежностей індикаторів подібності, зв'язують масштаби величин, що входять до критерію подібності.

4. Визначення параметрів моделі за попередньою інформацією про параметри оригіналу.

5. Отримання формул, що визначають закономірності переходу від параметрів моделі до параметрів оригіналу.

6. Виготовлення масштабної моделі (проектування, розрахунок, виготовлення).

7. Перевірка відповідності моделі оригіналу (методом експериментів з масштабними моделями).

8. Проведення експериментів на моделі та визначення параметрів комплексу відповідно до завдань моделювання.

Прохідницький комплекс може використовуватися не тільки для виконання прохідницьких робіт на вугільній шахті. Можливі такі додаткові умови застосування прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення:

1. Проведення допоміжних виробок як малого перерізу, наприклад, вентиляційних збіжок на вугільних шахтах.

2. Проведення виробок малого перерізу під час розвідки родовищ.

3. Проведення допоміжних виробок людських ходків при будівництві метрополітенів, наприклад при проходженні спеціальних виробок.

4. Будівництво підземних переходів під автомобільними трасами, а також під міськими вулицями. Ця сфера застосування є дуже важливою, оскільки швидкісне будівництво підземних переходів, особливо під багаторядним шосе, звичайним способом із застосування відкритих гірських робіт може на дуже тривалий час обмежити рух магістраллю, що стосовно великих міст неминуче викличе у вихідні дні та години пік утруднення руху та затори на дорогах.

5. Для швидкісного будівництва обвідних виробок (каналів) при боротьбі із затопленням ділянок суші під час повеней.

6. Для будівництва підземних переходів у центральній частині міст непов'язаних із будівництвом метрополітену.

7. Для будівництва швидкісних спеціальних виробок під час ліквідації аварій після землетрусів.

Породи, в яких передбачається проведення прохідницьких виробок на вугільних шахтах, швидше за все, можуть бути представлені слабостійкими масивами з $f = 1-2$, а у вибоях при проходженні допоміжних або спеціальних виробок шахт метробуду, масивами з $f \leq 2$, з пропластками міцних порід (вапняк, піщаник або закварцований пісковик) напластування з $f \leq 6$. Тому розглядаються конструкції вузлів та агрегатів, параметри яких визначені в результаті теоретичних та експериментальних досліджень (див. вище), при цьому різні умови використання прохідницького комплексу припускають як виконавчі органи для взаємодії з вугіллям та м'якими породами, так і виконавчих органів для взаємодії із міцними породами. Таким чином, конструкція прохідницького комплексу, що забезпечує швидкісне проведення вироблення малого перерізу, може містити різцеві коронки або ударники, наприклад, перфоратори-ударники,

здатні працювати в режимі відбійного молотка, а у разі затискання піки породою перемикається на режим буріння.

Нижче розглянуто конструкції комплексу для прохідницьких робіт та модифікації основних виконавчих органів.

Як породоруйнівний інструмент виконавчого органу прохідницького комплексу під час проведення прохідницьких робіт (проходження вироблення малого перерізу) з міцних пород необхідно вибирати ударники або відбійні молотки для ефективної відбійки поверхні вибою. Наприклад, у масивах, що включають глинисті прошарки або в'язкі породи, піки відбійних молотків можуть «в'язнути» в масиві, тому відповідно до патенту розроблена конструкція перфоратора-ударника – пристрої, здатного працювати у двох різних режимах: як відбійний молоток (ударний спосіб руйнування) та як перфоратор (ударно поворотний спосіб). Обертання піки в перфораторі-ударнику включається на нетривалий час з метою звільнення піки, затиснутої в масиві.

У нормальних умовах при відбиванні перфоратором-ударником міцних порід, прошарків у гірському масиві використовується ударний спосіб буріння, при якому на пику ударника передається ударний імпульс. У цих умовах роботи перфоратора-ударника сегменти храпового колеса знаходяться врозсунутому положенні і пружинами притискаються до корпусу. У цей момент собачки не входять у зачеплення із зубами храпового колеса а гумові прокладки перекривають зазори між сегментами.

Якщо в момент обурення вибою пику перфоратора-ударника заклинює в гірському масиві, то для руйнування навколишніх піку твердих включень включається на короткий час режим перфоратора, дозволяючи тим самим звільнити пику перфоратора-ударника, використовуючи крім ударного імпульсу ще й поворот інструменту. «У даних умовах роботи перфоратора ударника включення ударно-поворотного способу буріння здійснюється відкриттям пускового крана. Пружини між корпусом та

сегментами розтягуються, в той час як сегменти храпового колеса зсуваються і стають єдиним цілим за допомогою нагнітання стисненого повітря в простір. Зрештою після того як собачки увійшли в зачеплення із зубами храпового колеса здійснюється поворот інструменту.

Після звільнення піки, затиснутої у масиві ударник виходить нормальний режим роботи, у якому передається лише ударний імпульс. Перфоратори-ударники у складі прохідницького комплексу крім шахт можуть ефективно використовуватися також для проходження допоміжних, спеціальних або вентиляційних виробок метробуду.

За результатами зазначених вище теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано конструкцію прохідницького комплексу для проведення вироблення малого перерізу на вугільних шахтах, рудниках та інших гірничих виробок і може бути також використовуватися в рятувальній справі при виникненні аварій, коли необхідно в максимально короткі терміни пройти збірка для евакуації заблокованих шахтарів.

Технічним результатом використання винаходу є збільшення швидкості проходки виробок та підвищення безпеки ведення прохідницьких робіт.

Комплекс для прохідницьких робіт включає прохідний комбайн, маніпулятор з можливістю установки змінних виконавчих органів, закріплений на передній опорі вибійного основи крокуючого кріплення. Крокуюче кріплення складається з чотирьох гідродомкратів, вибійного та заднього перекриттів, вибійного та заднього основи кріплення, гідроциліндрів пересування і конвеєра крокуючої кріплення. У вибійній частині комбайн забезпечений лапами, що нагрібають, а в задньої частини - стрічковим конвеєром. За комбайном встановлені стрічкові перевантажувачі. У верхній частині виробітку передбачені вентиляційні труби. На задній частині крокуючого кріплення встановлені кріплення і лебідка. Комплект рамного кріплення, що швидко встановлюється, з

легких сплавів у зборі складається: стійка, затяжка ліва і права частини верхняка, центральна стійка.

Принцип роботи прохідницького комплексу

Прохідницький комплекс забезпечує проведення швидкісне проведення виробок малого перерізу. Руйнування гірського масиву різної міцності проводиться прохідницьким комбайном з використанням змінних виконавчих органів, змонтованих на маніпуляторі прохідницького обладнання, розташованого на поворотній передній опорі основи механізованого крокуючого кріплення, яка забезпечує кріплення приви́бійного простору з боку покрівлі та боків виробітку малого перерізу.

Розпір переднього та заднього перекриття у покрівлю здійснюється чотирма гідростійками, встановлені на передній та задній підставах кріплення. Крокання механізованого кріплення здійснюється гідродомкратами пересування за схемою. Нагрібаючими лапами відпрацьована порода конвеєром перекидається на стрічкові перевантажувачі встановлені послідовно вздовж виробітку.

Вентилятором місцевого провітрювання забезпечується подача повітря по вентиляційної гнучкої труби, змонтованої на рамному кріпленні.

Кріплення покрівлі та боків пройденого вироблення забезпечується шляхом установки рамного кріплення із затяжкою, що транспортується по виробленню до місця встановлення у складеному стані лебідкою прохідницького комплексу. Рамне кріплення складається з бічних і центральних стійок, верхняка. Монтаж рамного кріплення здійснюється кріпоустановником. Лебідкою здійснюється доставка засобів кріплення та допоміжних матеріалів.

Переміщення прохідницького комплексу з вироблення під час проведення прохідницьких робіт здійснюється крокуючим кріпленням методом крокування секцій, за допомогою використання гідростійок та гідродомкратів пересування. Перекриття передньої частини опускається,

передня частина висувається на забій, перекриття передньої частини піднімається до упору в покрівлю, перекриття задньої частини опускається, задня частина пересувається до передньої частини, перекриття задньої частини піднімається до упору в покрівлю.

При проведенні прохідницьких робіт за допомогою проходки виробітку малого перерізу потрібно забезпечувати високу швидкість монтажно-демонтажних робіт, а також можливість ручної доставки вузлів комплексу шахтарями у важкодоступні ділянки шахт. Даним вимогам відповідає розроблене крокуюче кріплення, що складається з однотипних частин, маса яких не перевищує 200 кг.

Прохідницький комбайн змінює змінні виконавчі органи залежно від вибою. Так, наприклад, змінний виконавчий орган у вигляді різцевої коронки використовується, якщо прохідницькі роботи ведуться по вугіллю або м'якій породі, ударник для руйнування міцних включень, а дискова пилка для розрізання сталевих перешкод. Якщо прохідницькі роботи ведуться вугілля або м'якій породі слід приймати високопродуктивні транспортні установки (стрічкові перевантажувачі), що забезпечує високу продуктивність з відбійки. Якщо прохідка ведеться по вибою, що включає міцну породу, то продуктивність з відбійки буде незначною. В цьому у разі доцільно використовувати скреперну доставку і не потрібно проводити суцільну затяжку.

Таким чином, розроблена конструкція прохідницького комплексу дозволяє збільшити швидкість проходки вироблення малого перерізу та підвищити безпеку ведення прохідницьких робіт.

Методика обґрунтування варіантів конкретних компоновок виконавчих органів прохідницького комплексу

Запропоновані конструкції прохідницьких комплексів та експериментальні дослідження моделі крокуючого кріплення, а також теоретичні дослідження способів руйнування вибою на основі імітаційної моделі дозволяють розробити методику обґрунтування вигляду (варіантів)

конкретних компоновок технічними засобами виконавчих органів прохідницьких комплексів для проходження виробок у різних гірничогеологічних умовах.

Перший етап – уточнення параметрів конкретних компоновок технічними засобами виконавчих органів прохідницьких комплексів.

Варіант А.

1. Визначаються міцність породи f , тріщинуватість і блочність масиву, а також параметри прошарків масиву.

2. При $f > 3$ вибирається перфоратор-ударник як породоруйнівного устрою виконавчого органу комплексу.

3. Визначаються переважні величини енергії удару та потужності перфоратора-ударника.

4. Розраховується продуктивність з відбійки для певної схеми відпрацювання вибою: виконується центральний вруб на поверхні вибою з урахуванням наявності максимальних вузлів тріщин, далі забою обробляється сколом в початковий вруб для оконтурювання виробітку.

5. Розраховується час обробки вибою.

Варіант Б.

1. Визначаються міцність породи f , тріщинуватість і блочність масиву, а також параметри прошарків масиву.

2. При $f < 3$ вибирається різцева коронка з гідравлічним приводом, наприклад, ERKAT як породоруйнівний пристрій виконавчого органу комплексу.

3. Визначаються переважна величина потужності коронки.

4. Розраховується продуктивність із відділення коронкою породи від масиву для певної схеми відпрацювання вибою: для вугілля – вертикальними різками, для породи та масивів із прошарками – горизонтальними різками.

5. Розраховується час обробки вибою.

Другий етап – визначення типу кріплення приви́бійної зони та кріплення виробітку.

1. Визначення параметрів порід покрівлі та його характеристик.
2. За алгоритмом, зазначеним вище, уточнюються параметри та склад приви́бійного кріплення: для стійкої покрівлі перекриття крокуючого кріплення застосовуються в наділеному вигляді, а затяжка покрівлі виробітку застосовується тільки у місцях порушення суцільності покрівлі, для тріщинуватої покрівлі – використовують комплектацію крокуючого кріплення. Визначається крок пересування комплексу.
3. Визначення часу виконання основних операцій прохідницького циклу (обробка вибою, крокування приви́бійного механізованого кріплення, встановлення рамного кріплення збійки, підтягування конвеєра, нарощування гнучкої вентиляційної труби).
4. Визначення часу роботи прохідницького комплексу;
5. Остаточний вибір конструкції основних улов комплексу, уточнення переліку необхідних операцій та складання циклограми роботи прохідницький комплекс.

Представлені конструкції прохідницької техніки та методики їх розрахунків дозволяють достатньо розрахувати витрати часу на виконання всіх робіт прохідницького циклу.

Методика обґрунтування застосування прохідницького комплексу при прохідницьких операціях

I. Метою виконання попередніх розрахунків за цією методикою є доказ ефективності використання прохідницького комплексу в порівнянні з проходкою вироблення малого перерізу або вироблення спеціального призначення за допомогою використання робочої сили, відбійних молотків та кріплення деревом.

Для вирішення цього завдання пропонується використовувати метод імітаційного моделювання за алгоритмом вказаним нижче з використанням програми представленої у додатку.

Використання програми передбачає обґрунтування величин параметрів вихідних даних: перетин виробітку в проходці (s_p), м²; міцність породи за шкалою проф. М.М.Протодяконова (f); щільність гірської маси (γ), кг/м³; кут нахилу виробітку (α), град; довжина виробітку в проходці (L), м; рух забою за цикл ($l_{\text{цикл}}$), м; число циклів (n), од.; і цикл (n_i), од.; тип кріплення: анкерне або рамне; тип виконавчого органу: корончастий, ударний, доповнити (гідравлічні ножиці, дискова пилка, бетонолом).

Для встановлення структури імітаційної моделі необхідно представляти послідовність дій при моделюванні роботи прохідницького комплексу.

Прохідницький комплекс, що складається із швидкозбірних вузлів, скорочує терміни проходження вироблення малого перерізу в масивах порід різної міцності, для покрівлі різної стійкості та підвищує безпеку ведення прохідницьких робіт у порівнянні з роботами, що проводяться вручну.

Висновки

1. Розроблено конструктивно-технічне рішення прохідницького комплексу, що забезпечує швидкісну проходку вироблення малого перерізу в складних гірничо-геологічних умовах.

2. Обґрунтовано методику застосування універсального прохідницького комплексу.

3. Складено та прийнято для впровадження методику розрахунку параметрів прохідницького комплексу, що включає розрахунок швидкості кріплення, діаметрів робочих циліндрів, конструкції вузлів кріплення та виконавчих органів з розробки вибою, дано розширений аналіз можливих областей застосування прохідницького комплексу (шахти, вентвиробки метро, дорожні роботи, виробітки для прохідницьких робіт).

Аналіз відомих конструкцій та параметрів основних вузлів та машин комплексів для проведення прохідницьких робіт, показав відсутність

апробованих конструкцій прохідницьких комплексів для проходження швидкісних виробок малого перерізу по породах різної фортеці та покрівлях різної стійкості.

Теоретично обґрунтовано необхідне зусилля пересування частин прохідницького комплексу на базі крокуючого кріплення, яке визначає тривалість циклу прохідницьких робіт, при цьому величина зусилля пересування має бути не менше 392 кН, а величина коефіцієнта опору пересування знаходиться в межах $k_{\text{сопр}}=0,4-6,0$ і залежить від стану покрівлі.

Встановлено експериментальну залежність зусилля пересування моделі комплексу на основі крокуючого кріплення від часу при різних випадках навантаження його частин на основі якої при переході від параметрів моделі до параметрів оригіналу з урахуванням масштабного коефіцієнта підтверджено інтервал значень коефіцієнта опору пересування частин прохідницького комплексу ($k_{\text{сопр}}=0,4-6,0$).

Визначено раціональну сферу застосування прохідницького комплексу при проведенні вироблення малого перерізу 2,25 м², яка починається з довжини виробітку - 10 м, в порівнянні з ручною проходкою по породах гірського масиву міцністю $f \leq 2$ у виробках з нестійкою покрівлею, кроком встановлення рамної кріпи кожні 0,5 м.

Складено методику розрахунку параметрів комплексу, що включає розрахунок швидкості кріплення, діаметрів робочих циліндрів та виконавчих органів з розробки вибою, можливі галузі застосування комплексу (шахтні виробки, вентиляційні виробітки метро, дорожні роботи, виробітки для гірничорятувальних робіт).

Складено номограму визначення діаметрів гідродомкрата на основі силових параметрів пересування частин крокуючого кріплення прохідницького комплексу залежно від коефіцієнта міцності порід f . У середовищі AutoDesk Inventor методом кінцевих елементів при моделюванні процесу навантаження 3D моделі секції крокуючого

кріплення прохідницького комплексу отримано епюри напруг кріплення, виявлено критичні напруження в елементах крокуючого кріплення комплексу та виконано посилення конструкцій.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Зборщик М.П. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки / М.П. Зборщик, В.В. Назимко. – К.: Техника, 1991. – 248 с.
2. Мировая экономика: глобальные тенденции за 1000 лет / [Под ред. И.С. Королева]. – М.: Экономист, 2003. – 247 с.
3. Ширнин И.Г. Угольные и энергетические ресурсы мира и Украины / И.Г. Ширнин, В.И. Дубницкий // Уголь Украины. – 2007. – №1. – С. 5-8.
4. Доброгорский Н.А. Уголь вчера, сегодня, завтра / Н.А. Доброгорский, В.И. Бычков. – Днепропетровск: Січ, 1994. – 93 с.
5. Ширнин И.Г. Энергетическая безопасность в мире / И.Г. Ширнин, В.А. Палкин, В.И. Дубницкий // Уголь Украины. – 2007. – №12. – С. 38-43.
6. Красник В.Г. Программы перспективного развития угольной промышленности Украины / В.Г. Красник // Уголь Украины. – 2006. – №12. – С. 6-8.
7. Концепція розвитку вугільної промисловості // Уголь Украины. – 2005. – №9. – С. 3-4.
8. Ляшенко О.Ф. Першочергові заходи з оздоровлення вугільної промисловості / О.Ф. Ляшенко, М.М. Кулик // Уголь Украины. – 2006. – №1. – С. 6-9.
9. Янко С.В. Основные направления технического развития шахт Украины / С.В. Янко // Уголь Украины. – 1993. – №1. – С. 8-11.
10. Кара В.В. Состояние и ремонт горных выработок на угольных шахтах Украинской ССР / В.В. Кара, И.Ю. Заславский, Г.Л. Зорин // Шахтное строительство. – 1988. – №6. – С. 22-25.
11. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / [Заславский И.Ю., Компанец В.Ф., Файвишенко А.Г., Клещенко В.М.] – М.: Недра, 1991. – 235 с.

12. Селезень А.П. Состояние подготовительных выработок и пути повышения их устойчивости / А.П. Селезень // Уголь Украины. – 1987. – №5. – С. 25-27.
13. Косков И.Г. Основные направления совершенствования крепления горных выработок / И.Г. Косков // Шахтное строительство. – 1985. – №1. – С. 3-5.
14. Державна статистична звітність ДП «Шахтарськантрацит»: форма №1-пек (вугілля). – Шахтарськ, 2009.
15. Черняк И.Л. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л. Черняк, Ю.И. Бурчаков. – М.: Недра, 1984. – 304 с.
16. Симанович А.М. Охрана выработок на глубоких горизонтах / А.М. Симанович, М.А. Сребный. – М.: Недра, 1976. – 144 с.
17. Охрана подготовительных выработок без целиков / [Н.П. Бажин, В.В. Райский, Ю.В. Волков и др.]. – М.: Недра, 1975. – 296 с.
18. Глушко В.Т. Охрана выработок глубоких шахт / Глушко В.Т., Цай Т.Н., Ваганов И.И. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
19. Болгожин Ш.А.-Г. Поддержание пластовых выработок на большой глубине / Болгожин Ш.А.-Г., Лезин Г.Д., Ищанов Т.К. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 102 с.
20. Стрельченко И.И. Шахтные испытания комплекса оборудования «Титан1» / И.И. Стрельченко, С.Н. Ицкович, В.П. Ключко // Уголь Украины. – 1975. – № 1. – С. 31.
21. Усаченко Б.М. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизированных породах / Усаченко Б.М., Чередниченко В.П., Головчанский И.Е. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 144 с.
22. Катков Г.А. Совершенствование способов охраны подготовительных выработок на больших глубинах / Г.А. Катков, А.С. Диманштейн // Добыча угля подземным способом. – 1978. – № 9. – С. 32-34.

23. Катков Г.А. Охрана горных выработок полосами из твердеющих материалов / Г.А. Катков, А.С. Диманштейн, Н.Я. Полищук // Уголь. – 1979. – № 3. – С. 26-29.
24. Графова А.Я. Область применения жестких полос для охраны штреков на пологих пластах Донецкого бассейна / А.Я. Графова, С.И. Выборнова // Добыча угля подземным способом. – 1979. – № 7. – С. 18-19.
25. Байсаров Л.В. Опыт применения импортных и отечественных составов сухих смесей при возведении литых окоштрековых полос на шахте «Красноармейская Западная» №1 / Л.В. Байсаров, А.А. Яйцов, В.А. Болбат // Уголь Украины. – 2005. – №11. – С. 3-5.
26. Кошелев К.В. Охрана и ремонт горных выработок / Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. – М.: Недра, 1990. – 218 с.
27. Кошелев К.В. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок / К.В. Кошелев, А.Г. Томас. – М.: Недра, 1985. – 215 с.
28. Фатеев В.Ф. Проведение горных выработок одиночным забоем / В.Ф. Фатеев, В.М. Клещенко // Уголь. – 1980. – № 2. – С. 15-19.
29. Григорьев В.Л. Возможные способы охраны подготовительных выработок при увеличении глубины разработки в основных угольных бассейнах / В.Л. Григорьев // Добыча угля подземным способом. – 1978. – № 2. – С. 22-24.
30. Мельников Н.М. Шахтные исследования полимерной анкерной крепи / Н.М. Мельников, Н.В. Козицкий, Н.В. Ноздричев // Технология добычи угля подземным способом. – 1974. – №8. – С. 5-7.
31. Обратный свод крепи из разгруженных от напряжений и упрочненных пород почвы / Г.Г. Литвинский, Г.В. Бабиюк, В.С. Кукленко [и др.] // Уголь Украины. – 1980. – № 2. – С. 14-15.
32. Комиссаров М.А. Исследование длительности защитного действия разгрузки выработок скважинами по углю / М.А. Комиссаров, А.Г. Федорук, И.А. Павленко // Уголь Украины. – 1975. – № 8. – С. 15-18.

33. Каталог типовых условий эксплуатации механизированных комплексов на пологонаклонных (до 350°) пластах / [авт.-упоряд. А.А. Орлов и др.]. – Л.: ВНИМИ, 1985. – Ч.1. – 235 с.
34. Изучение проявлений горного давления на моделях / [Кузнецов Г.Н. и др.]. – М.: Углетехиздат, 1959. – 283 с.
35. Левинсон-Лессинг Ф. К вопросу о давлении в тоннелях / Ф. Левинсон-Лессинг, А. Зайцев. – М.: ОНТИ, 1915. – 118 с.
36. Покровский Г.И. Центробежное моделирование / Покровский Г.И. – М.: ОНТИ, 1935. – 54 с.
37. Покровский Г.И. Центробежное моделирование в горном деле / Г.И. Покровский, И.С. Федоров. – М.: Недра, 1969. – 247 с.
38. Ильштейн А.М. Закономерности проявлений горного давления / Ильштейн А.М. – М.: Углетехиздат, 1958. – 169 с.
39. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: дисс....доктора техн. наук: 05.15.04.; 05.15.11 / Шашенко Александр Николаевич. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.
40. Кузнецов Г.Н. Экспериментальные методы исследования вопросов горного давления / Г.Н. Кузнецов // Тр. совещания по управлению горным давлением – М.: Углетехиздат, 1948. – С. 9-149.
41. Козин А.М. Эквивалентные материалы для моделирования слабых пород / Козин А.М. – М.: Углетехиздат, 1958. – 19 с.
42. Козин А.М. Методическое руководство по подбору и испытанию эквивалентных материалов для моделирования / Козин А.М., Рутковская Е.П. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1974. – 40 с.
43. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород / Ломтадзе В.Д. – Л.: Недра, 1972. – 312 с.
44. Свойства горных пород и методы их определения / [Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф.]. – М.: Недра, 1969. – 392 с.

45. Насонов И.Д. Моделирование физических процессов в горном деле / И.Д. Насонов, В.И. Ресин. – М.: Изд. Академии горных наук, 1999. – 343 с.
46. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / Гмурман В.Е. – М.: Высшая школа, 1975. – 333 с.
47. Динник А.Н. Статьи по горному делу / Динник А.Н. – М.: Недра, 1957. – 124 с.
48. Феннер Р. Исследование горного давления / Р. Феннер // Вопросы теории горного давления / Р. Феннер. – М., 1961. – С. 124-135.
49. Руппенейт К.В. Некоторые вопросы механики горных пород / Руппенейт К.В. – М.: Недра, 1954. – 256 с.
50. Либерман Ю.М. Давление на крепь капитальных выработок / Либерман Ю.М. – М.: Недра, 1969. – 238 с.
51. Заславский Ю.З. Горное давление и крепь в капитальных выработках глубоких шахт Донбасса / Заславский Ю.З. – Донецк, 1968. – 187 с.
52. Ержанов Ж.С. Ползучесть горных пород и ее влияние на напряженнодеформированное состояние сооружений: автореф. дисс. на соиск. науч. степени докт. техн. наук. / Ж.С. Ержанов. 1962. – 32 с.
53. Векслер Ю.А. Исследование больших деформаций ползучести и разрушения горных пород вокруг горизонтальных выработок: автореф. дисс. на соиск. науч. степени докт. техн. наук / Ю.А. Векслер. 1978. – 34 с.
54. Протодяконов М.М. Давление горных пород и рудничное крепление / Протодяконов М.М. – М., 1930. – 245 с.
55. Цимбаревич П.М. Рудничное крепление / Цимбаревич П.М. – М.: Углетехиздат, 1951. – 608 с.
56. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов / Борисов А.А. – М.: Недра, 1980. – 316 с.
57. Слесарев В.Д. Механика горных пород / Слесарев В.Д. – М.: 1948. – 183 с.

58. Жданкин Н.А. Геомеханика горных выработок / Н.А. Жданкин, А.А. Жданкин. – Новосибирск.: Наука, Сиб. отделение, 1990. – 112 с.
59. Метод граничных элементов в задачах горной геомеханики / [Новикова Л.В, Пономаренко П.И., Приходько В.В., Морозов И.Т.]. – Днепропетровск: изд-во Наука и образование, 1997. – 180 с.
60. Цырульникова М.Н. Анализ результатов расчета объемного напряженного состояния пород кровли впереди забоев горных выработок / М.Н. Цырульникова // Научные сообщения ИГД им. А.А. Скочинского. – Новосибирск: ИГД. – 1982. – № 204. С. 50-52.
61. Sinelair T.S.E. Hergete Applications of a computer model to the analisis of rock-backfill inter / T.S.E. Sinelair, J.N. Shillabeer //Appl-Rock Mech. Mining Proc. – 1978. – №2. – P. 45-51.
62. Shimotani Takato. Исследование прочности мрамора при полиосном расположении эллиптических трещин с помощью метода собственных деформаций / Shimotani Takato, Yamatoni Siro, Yamaguchi Umetato // J. Mining and Met. Inst. Jap.– 1980. – 96, N 1110. – P. 529-534.
63. Everling G. Ein Gebirga rockreehenmodellee als Planung ehilt / G. Everling, A.G. Meyer // Gluckaut – Forach – H.33. – 1972. – S. 81-88.
64. Бенерджи П. Методы граничных элементов в прикладных науках [пер. с англ.] / П. Бенерджи, Р. Батеерфилд. – М.: Мир, 1984. – 494 с.
65. Векслер Ю.А. Решение пространственной задачи упругости для подготовительной выработки / Ю.А. Векслер, Н.А. Жданкин, С.Б. Колоколов // ФТПРПИ. – 1981. – № 4. – С. 15-23.
66. Векслер Ю.А. Анализ объемного напряженно-деформированного состояния массива пород в окрестности забоя горной выработки / Ю.А. Векслер, Н.А. Жданкин, С.Б. Колоколов // Аналитические и численные исследования в механике горных пород. – Новосибирск.: ИГД. – 1981. – С. 70-72.

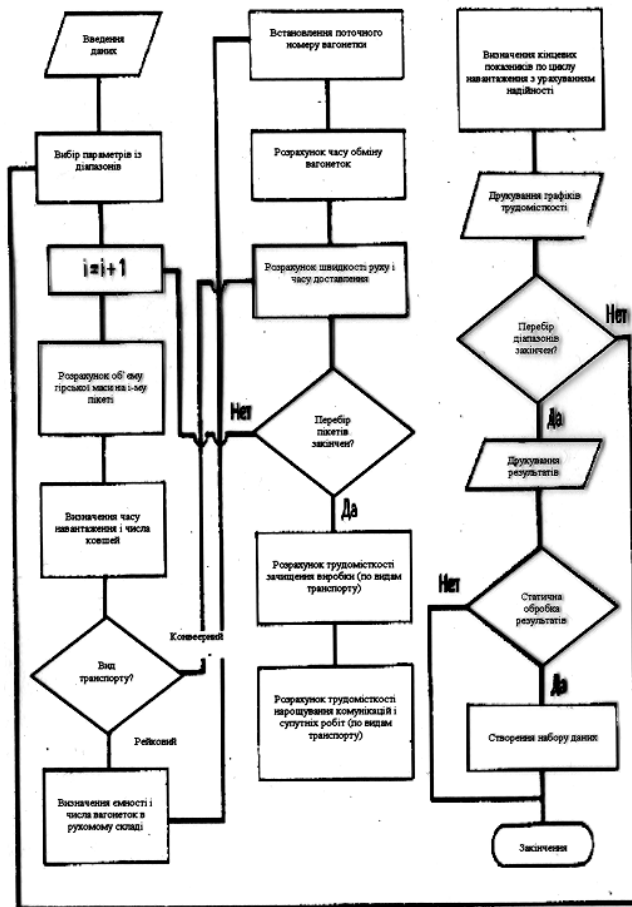
67. Петухов И.М. Напряженное состояние массива горных пород около очистных выработок произвольной формы в плане / И.М. Петухов, В.В. Зубков, И.А. Зубкова [и др.]. // ФТПРПИ. – 1982. – № 5. – С. 3-8.
68. Новикова Л.В. Оценка влияния забоя выработки на напряженнодеформированное состояние крепи соседних выработок и окружающих пород / Л.В. Новикова, Н.П. Уланова, К. Абдулах // Науковий вісник НГА України. – 1998. – № 1. – С. 29-31.
69. Сдвижкова Е.А. Численный анализ работы металлической рамной крепи в условиях случайного нагружения / Е.А. Сдвижкова // Горный информационный аналитический бюллетень. – 1997. – № 4. – С. 163-166.
70. Розин Л.А. Расчет гидротехнических сооружений на ЭЦВМ. Метод конечных элементов / Розин Л.А. – Л.: Энергия, 1971. – 214 с.
71. Розин Л.А. Метод конечных элементов в приложении к упругим системам / Розин Л.А. – М.: Стройиздат, 1977. – 129 с.
72. Зенкевич О. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред / О. Зенкевич, И. Чанг: пер. с англ. – М.: Недра, 1974. – 239 с.
73. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Сегерлинд Л.: пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
74. Стренг Г. Теория метода конечных элементов / Г. Стренг, Дж. Фикс: пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 350 с.
75. Деклу Ж. Метод конечных элементов / Деклу Ж.: пер. с фран. – М.: Мир, 1976. – 96 с.
76. Амосин Б.З. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики / Б.З. Амосин, А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1975. – 144 с.
77. Амосин Б.З. Расчет взаимодействия крепи подземных выработок некругового очертания с неоднородным вязкоупругим массивом горных пород / Б.З. Амосин // ФТПРПИ. – 1979. – № 2. – С. 100-102.
78. Ержанов Ж.С. Метод конечных элементов в задачах механики горных пород / Ж.С. Ержанов, Т.Д. Каримбаев. – Алма-Ата.: Наука, 1975. – 238 с.

79. Амусин Б.З. Применение метода конечных элементов к задачам горной геомеханики / Б.З. Амусин, А.П. Троицкий, А.Б. Фадеев // Тезисы докладов к конференции по применению ЭВМ в строительной механике. – М.: 1972. – С. 16-20.
80. Новикова Л.В. Распределение напряжений в массиве горных пород на участке сопряжения двух выработок / Л.В. Новикова, А.И. Калашников, В.С. Лесников // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1984. – № 2. – С. 25.
81. Хозяйкина Н.В. Закономерности изменения напряженнодеформированного состояния породного массива на первом этапе отработки угольного пласта / Н.В. Хозяйкина, Е.А. Сдвижкова // Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ. – Т.1, №17. – 2003. – С. 306-311.
82. Шашенко А.Н. Вероятностная оценка устойчивости подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ / А.Н. Шашенко, Е.А. Сдвижкова // Геотехническая механика. – 2000. – Вып. 20. – С. 58-61.
83. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики / Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. – К.: Пульсари, 2001. – 243 с.
84. Сдвижкова Е.А. Устойчивость подземных выработок в структурнонеоднородном породном массиве со случайно распределенными свойствами: дисс...доктора техн. наук: 05.15.09 / Сдвижкова Елена Александровна. – Днепропетровск, 2002. – 410 с.
85. Панишко А.И. Обоснование параметров рамно-анкерной крепи подготовительных выработок в условиях шахт ГХК "Шахтерскантрацит": дисс....кандидата техн. наук: 05.15.04 / Панишко Александр Иванович. – Днепропетровск, 2001. – 153 с.
86. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости протяженных выработок: дисс...доктора техн. наук: 05.15.04.; 05.15.09 / Солодянкин Александр Викторович. – Днепропетровск, 2009. – 426 с.

ДОДАТКИ

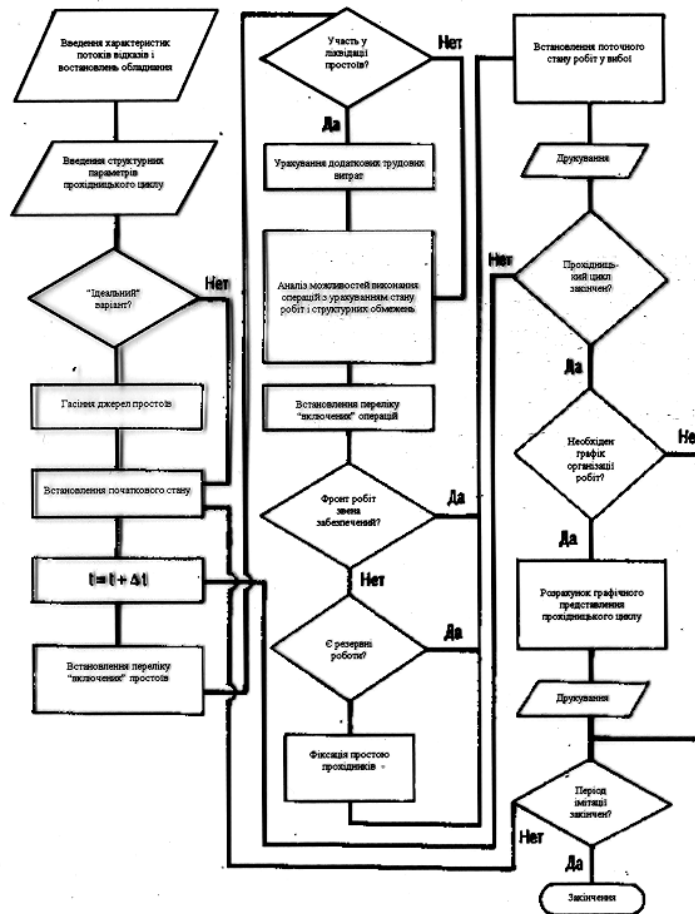
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

АЛГОРИТМ «ТУРИСТ»



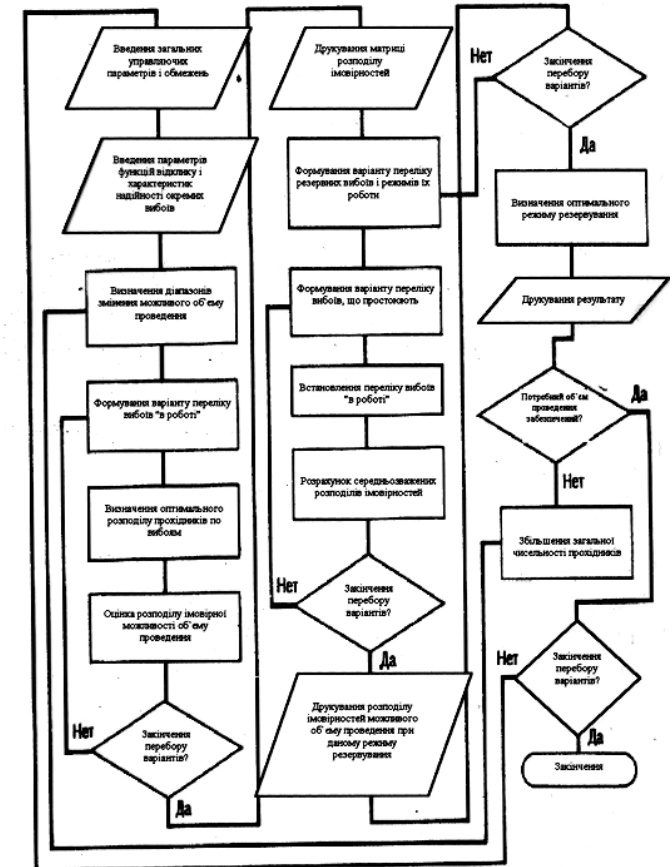
Алгоритм і програма «ТУРИСТ» розроблені для виконання необхідних розрахунків по операційним моделям трудомісткості проведення виробок. Входом програми «Турист» служать індекси застосовуваного обладнання, параметри прохідницького циклу і гірничо-геологічні умови, виходом – структура витрат праці і часу на проведення, кінцеві техніко-економічні показники, значення коефіцієнту технічного рівня $K_{\text{тр}}$, вартість проведення виробки.

АЛГОРИТМ «АНАТОМ»

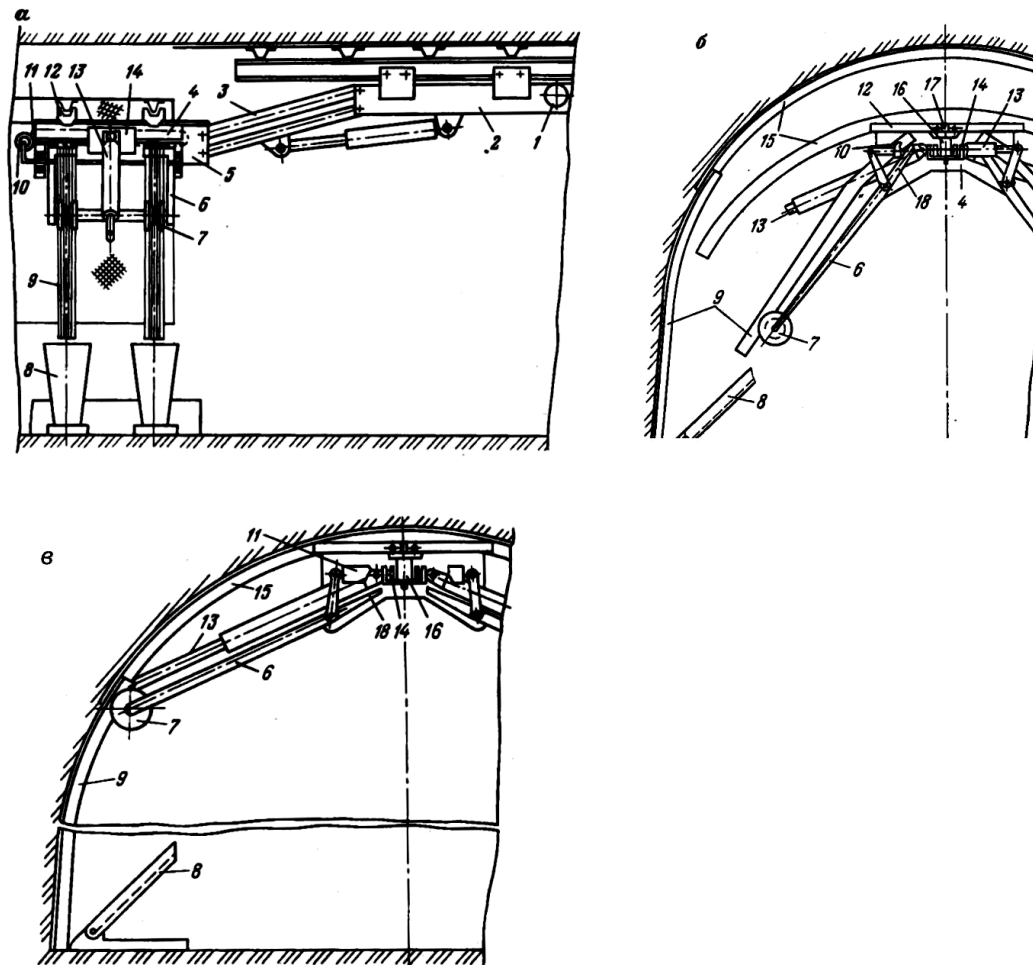


За допомогою програми «Турист» можна тільки укрупнено оцінити вплив таких груп факторів, як безвідказність роботи і ремонтнопридатність окремих видів прохідницького обладнання, наявність обмежень на послідовність і ступінь сумісності окремих робіт, наявність або відсутність резервування надійності. В той самий час дослідження цих факторів особливо важливо на початкових стадіях розробки технологічних схем, коли визначається «контур» технології і задаються вимоги до її складових, але не втрачає свого значення і в задачах детальної оцінки діючих технологій. В зв'язку з викладеним розроблені алгоритм і програма «Анатом» для аналізу технології проведення виробок методом імітаційного моделювання.

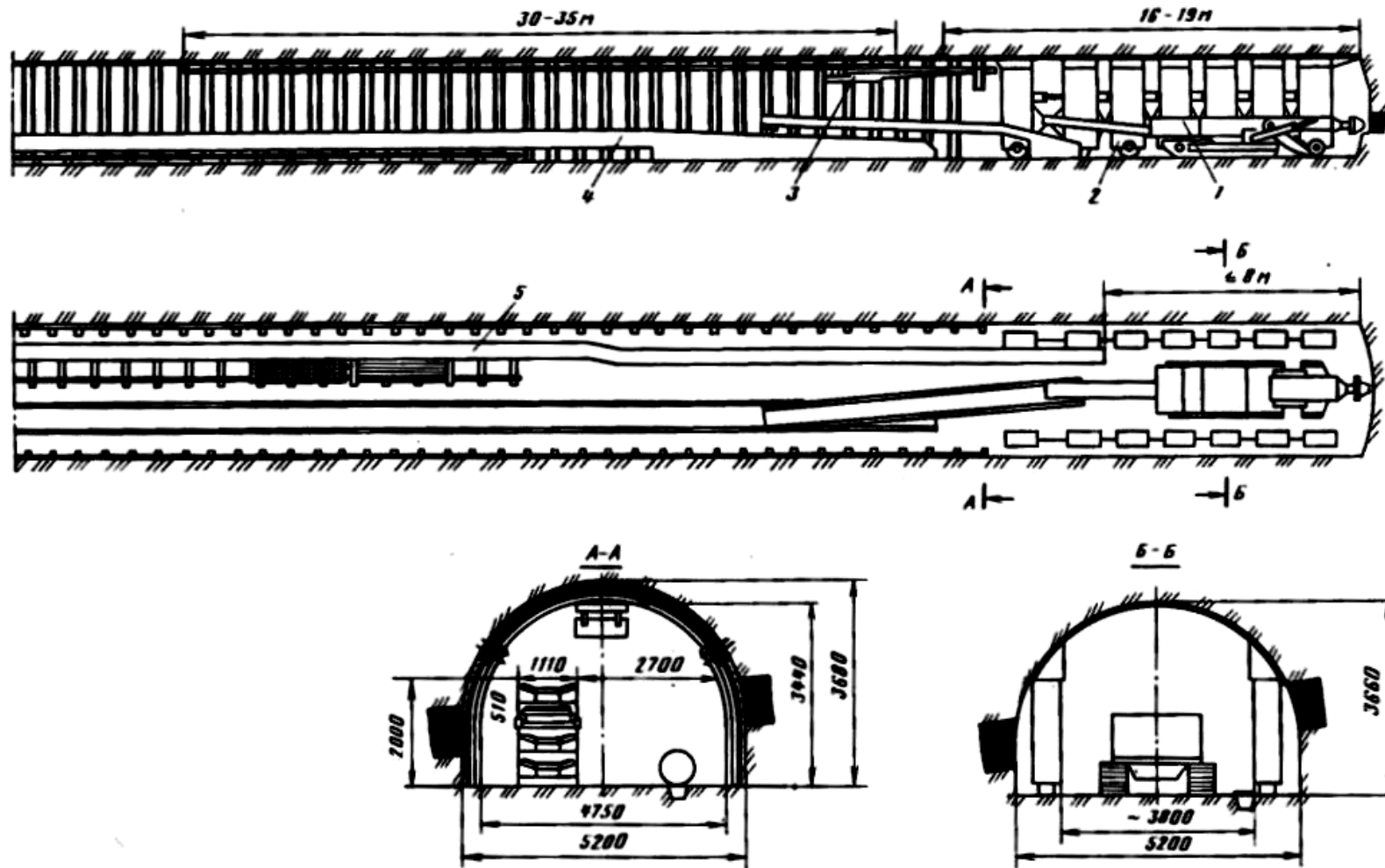
АЛГОРИТМ «РЕЗЕРВ»



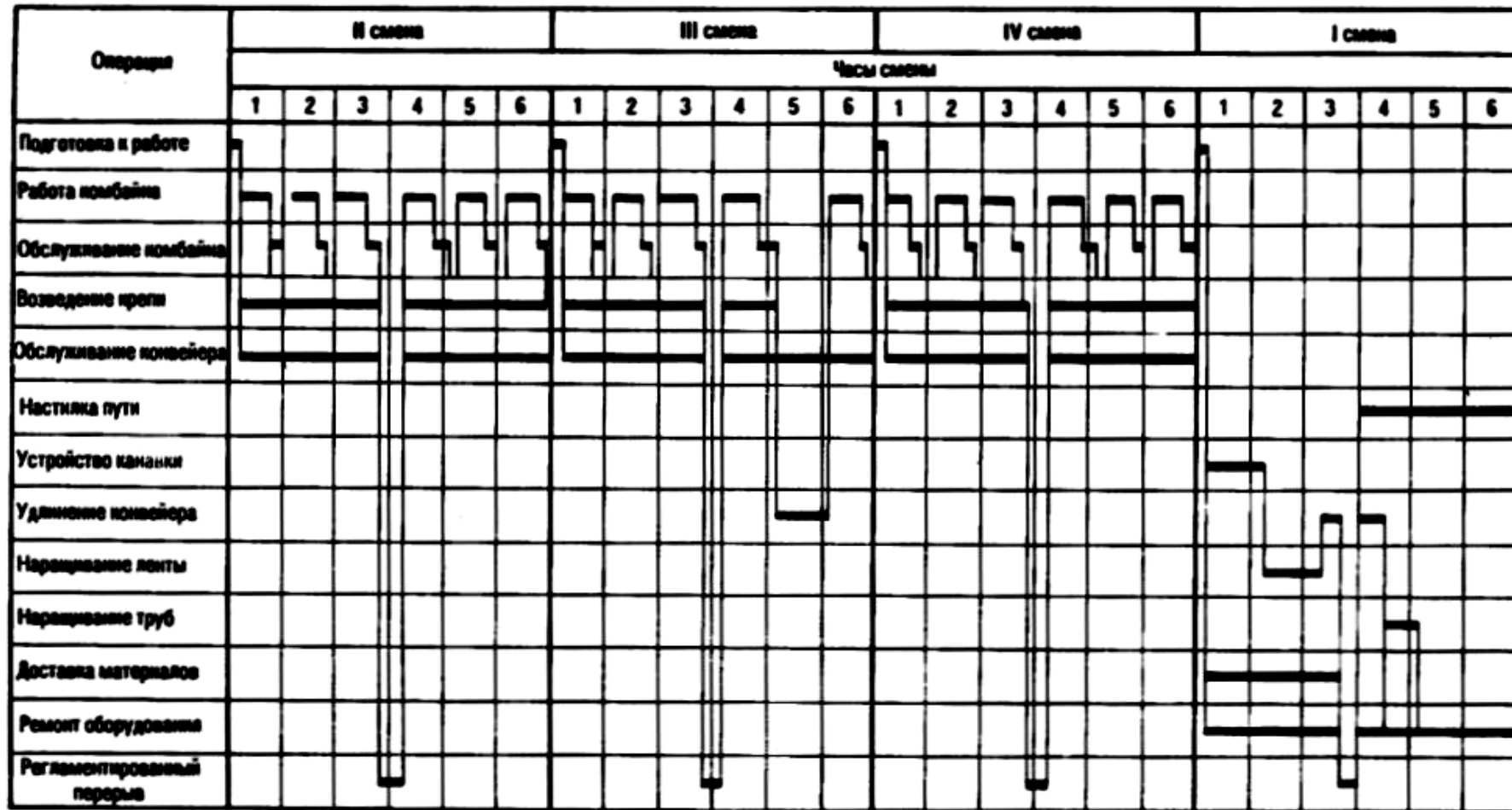
Алгоритм «РЕЗЕРВ» є схемою направленою пошуку раціонального режиму резервування фронту прохідницьких робіт і виключає два варіанти. Загальна схема пошуку в обох випадках зводиться до визначення початкового (опорного) варіанта резервування виробів і до процедури послідовної заміни (включення і виключення з розглядуваного переліку) прохідницьких виробів – аж до отримання оптимального (не підлягаючого подальшому покращенню) варіанта.



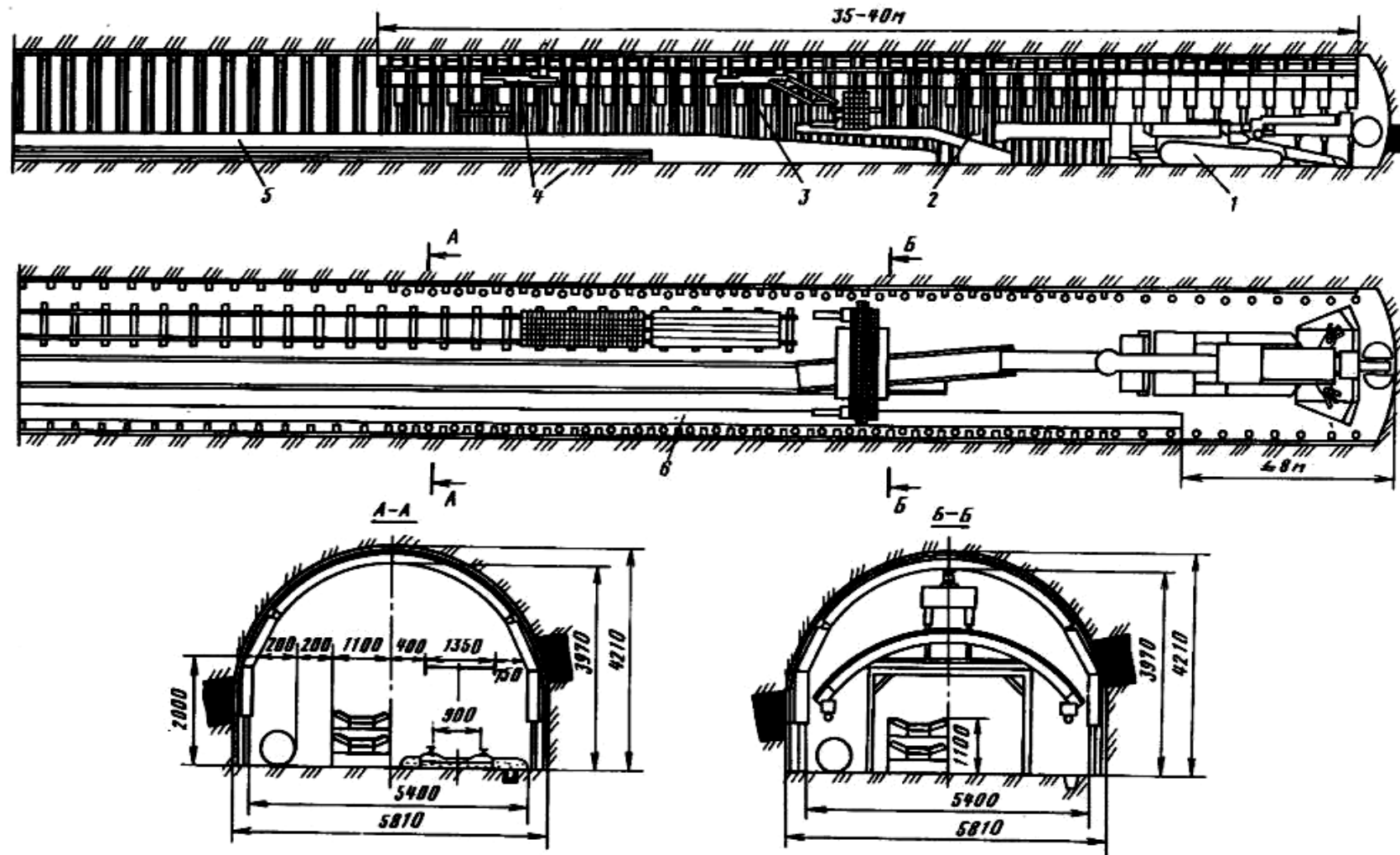
Крепеустановщик: а – вид збоку; б – положення піднімального столу в момент транспортування елементів кріплення;
 у-положення піднімального столу в момент зведення кріплення



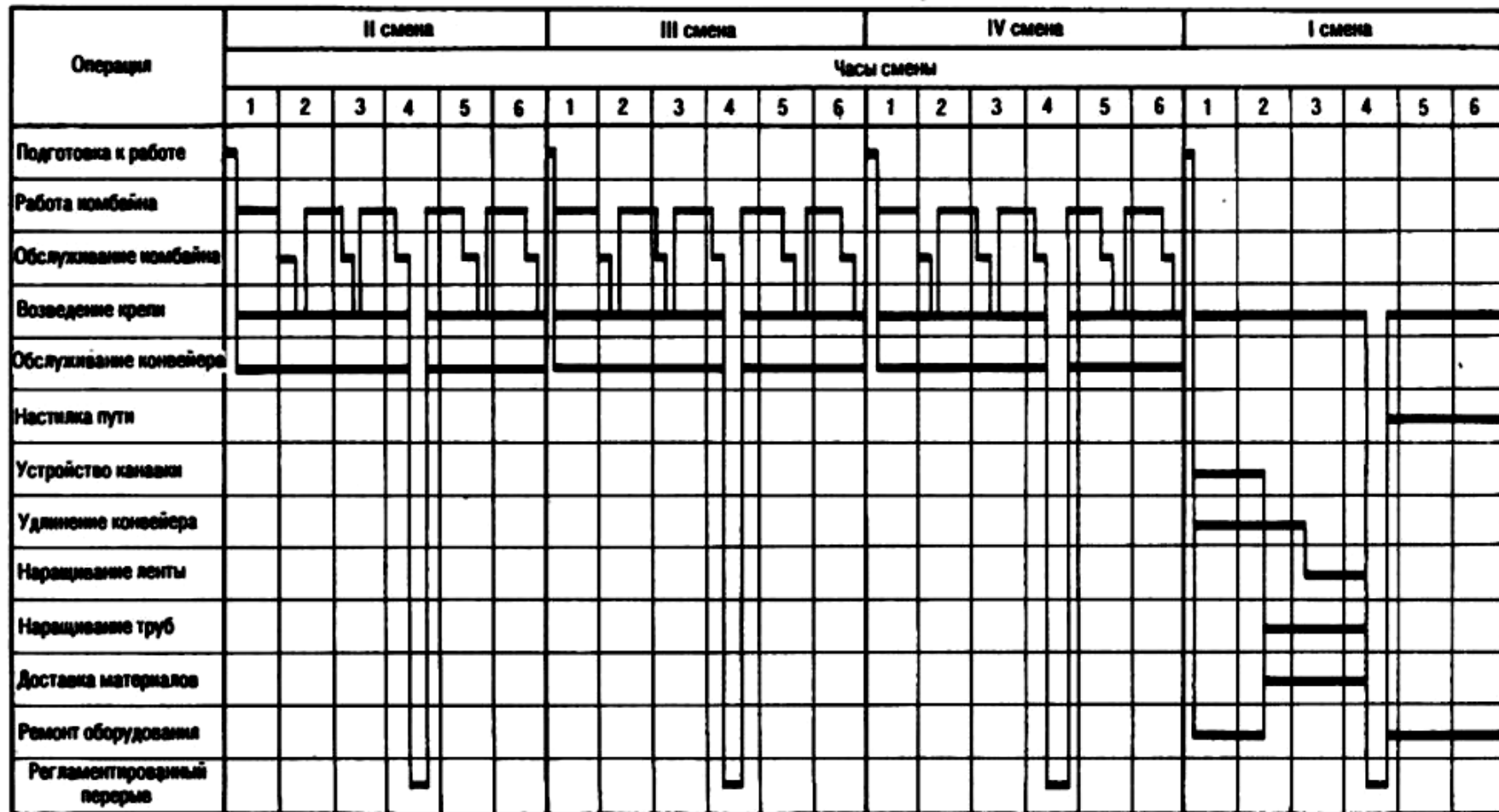
Технологічна схема проведення виробки комбайном КСП-32 з використанням механізованого пересувного кріплення:
 1 - комбайн; 2 – механізоване пересувне кріплення; 3 - кріпеустановщик; 4 - 1ЛТП-800; 5 – вентиляційний трубопровід



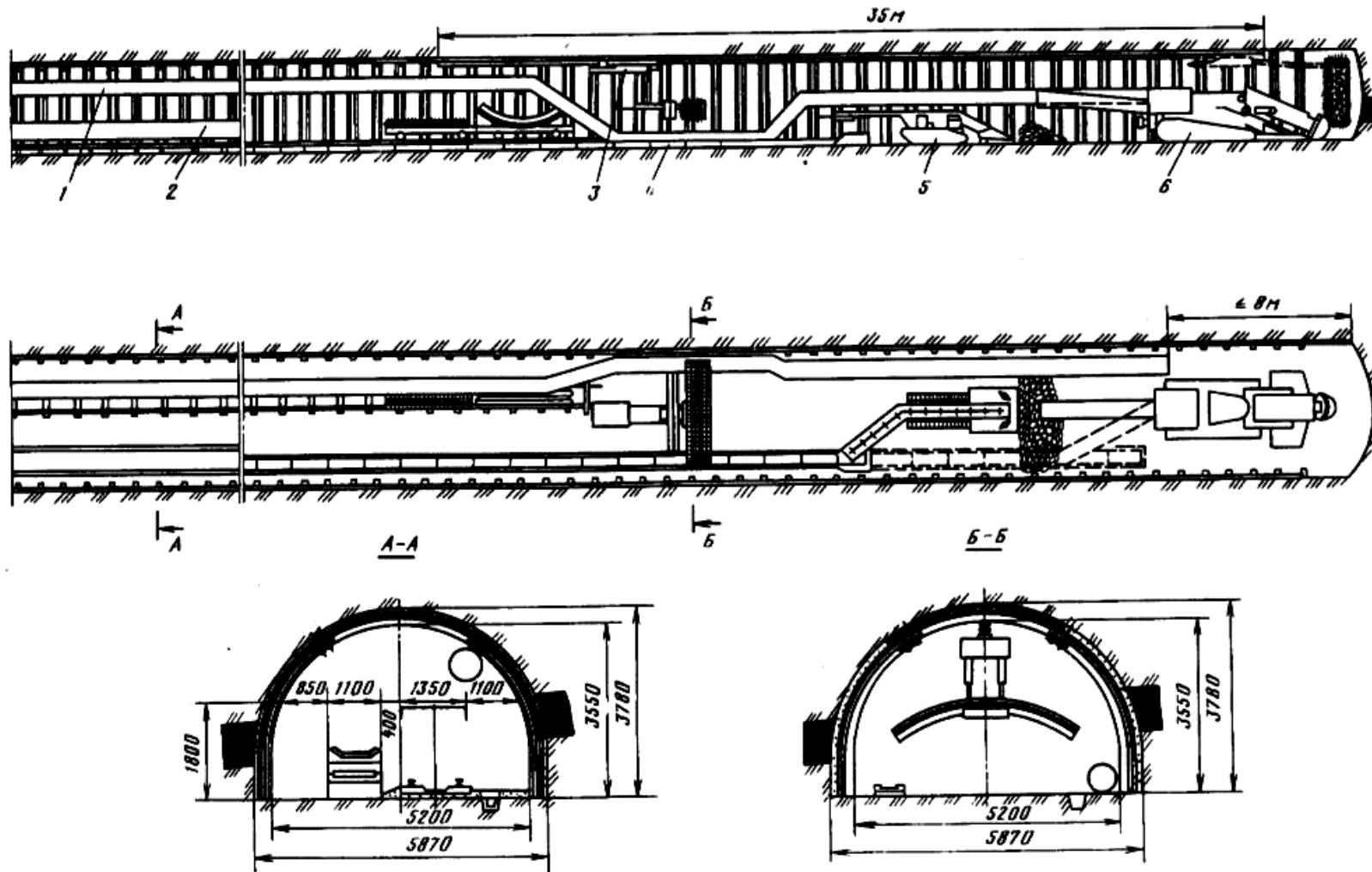
Графік організації робіт із проведення штреку комбайном КСП-32 з використанням механізованого кріплення "Комета" (17 циклів у добу)



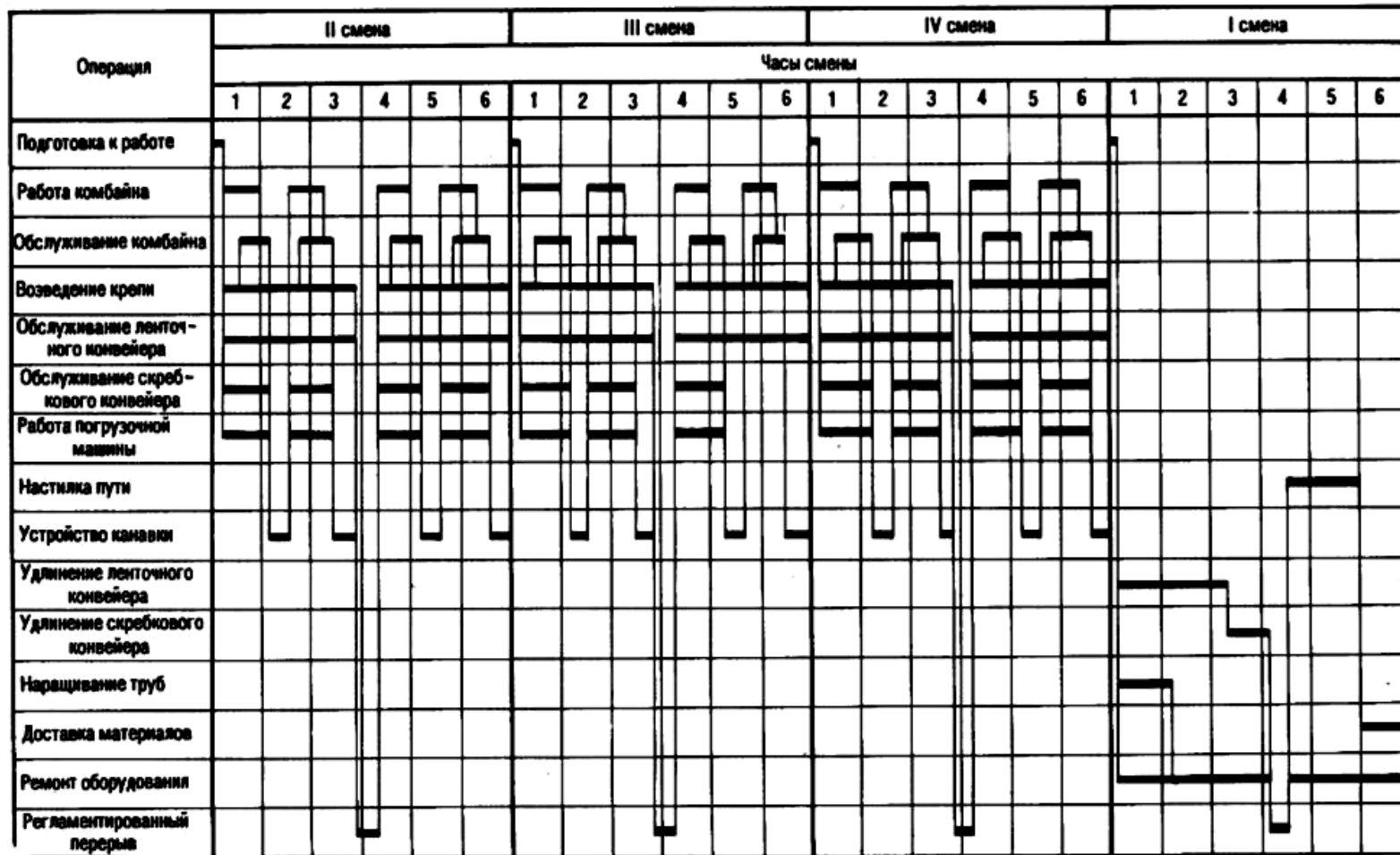
Технологічна схема проведення виробки комбайном П-220 з використанням тимчасового механізованого панельного кріплення ВМПК: 1 – комбайн П-220; 2 – секція кріплення ВМПК; 3 - крепустановник; 4 - крепедоставщик; 5 – конвеєр 1ЛТП-80; 6 – вентиляційний трубопровід



Графік організації робіт із проведення штреку комбайном П-220 з використанням механізованого панельного кріплення ВМПК (15 циклів у добу)



Технологічна схема проведення виробки комбайном 4ПП-2М з використанням консольного секційного кріплення КСК: 1 – вентиляційний трубопровід; 2 – конвеєр 1Л80; 3 – крепеустановщик КІМ-8 з комплектом секційного консольного кріплення КСК; 4 – конвеєр СП-202; 5 – навантажувальна машина 1ПНБ-2; 6 – прохідницький комбайн



Графік організації робіт із проведення штреку комбайном 4ПП-2М з використанням консольного секційного кріплення КСК (12 циклів у добу)