

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____/Єфремов І.О./
“ ____ ” _____ 2021 року

Випускна кваліфікаційна робота

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Вдосконалення заходів охорони капітальних виробок
в умовах "Шахтоуправління «Покровське»».

Виконав: студент 2 курсу, групи РККЗм-19

напряму підготовки (спеціальності) 184 «Гірництво», спеціалізація «Розробка
родовищ та видобування корисних копалин»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Бородич Микола Борисович
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник доц. каф. РРКК, к.т.н., Негрій С.Г.
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

*Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.*

Студент Бородич М.Б.
(підпис)

Покровськ – 2021

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет Гірничий

Кафедра Розробка родовищ корисних копалин

Освітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістр

Спеціальність 184 «Гірництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/Єфремов І.О./

“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

Бородича Миколи Борисовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Вдосконалення заходів охорони капітальних виробок в умовах "Шахтоуправління" Покровське"»

керівник роботи Негрій Сергій Григорович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом № _____ від “ ” 2021 року

2. Строк подання студентом роботи 15 травня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО; 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ, КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ПЛАСТА d₄; 3. ПРОГНОЗ СТАНУ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ; 4. ПОШУК ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК; 5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. СХЕМА ШАХТНОГО ПОЛЯ; 2. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВІДПРАЦЮВАННЯ ПЛАСТА; 3. ШАХТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ, КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ШТРЕКІВ; 4. ПРОГНОЗ ЗПЩЕНЬ ПОРІД КОНТУРА МАГІСТРАЛЬНОГО ШТРЕКУ; 5. ПОШУК ЗАХОДІВ ОХОРОНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК; 6. ВИБІР ДОЦІЛЬНИХ ЗАХОДІВ ОХОРОНИ МАГІСТРАЛЬНОГО ШТРЕКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ПАРАМЕТРІВ І ЕФЕКТИВНОСТІ.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15 лютого 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	07.03.21	виконано
2	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ, КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ПЛАСТА d ₄	28.03.21	виконано
3	ПРОГНОЗ СТАНУ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ	07.04.21	виконано
4	ПОШУК ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК	26.04.21	виконано
5	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ	29.04.21	виконано
6	ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ І ПІДГОТОВКА ДО ЗАХИСТУ	12.05.21	виконано

Студент

Бородич М.Б.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Негрій С.Г.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бородич М.Б. «Вдосконалення заходів охорони капітальних виробок в умовах "Шахтоуправління"Покровське"» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 184 «Гірництво» (спеціалізація «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»). – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

Проведено аналіз гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов відпрацювання пласта d₄ «Шахтоуправління «Покровське». Встановлено, що для підприємства важливим є питання охорони капітальних виробок. Зокрема, за результатами прогнозу зміщень контуру магістральних штреків на горизонті 1250 м встановлено, що у певних умовах дані виробки потребують здійснення ремонтних робіт на обмежених ділянках, де вони перетинають слабкий шар алевроліту.

Вивчено досвід охорони капітальних виробок у складних гірничо-геологічних умовах та обґрунтовано додаткові заходи охорони щодо забезпечення стійкості магістральних штреків гор. 1250 м. Визначено параметри анкерного кріплення та розглянуто можливість зміни місця розташування виробок відносно слабкого шару алевроліту та відносно сусідніх виробок. Економічні розрахунки за розглянутими варіантами охорони штреків показали, що найдешевшими варіантами будуть анкерування окремих діляниць штреків, де вони перетинають шар алевроліту та варіант з рознесенням двох суміжних магістральних штреків на відстань від 32 до 49 м.

Ключові слова: гірничо-геологічні умови, глибина робіт, магістральні штреки, захід охорони, параметри, ефективність.

ABSTRACT

Borodich M.B. "Improving health measures workings in conditions of "Shakhtoupravlenie Pokrovske" / Final qualification work for obtaining an educational degree "Master" in specialty 184 "Mining" (specialization "Development of deposits and extraction of minerals"). - DVNZ DonNTU, Pokrovsk, 2021.

The analysis of mining-geological and mining conditions of development of formation d₄ of Pokrovske Mine Management is carried out. It is established that the issue of protection of capital workings is important for the enterprise. In particular, according to the results of the forecast of displacements of the contour of the main roads on the horizon of 1250 m, it is established that in certain conditions these workings require repair work in limited areas, where they cross a weak layer of siltstone.

The experience of protection of capital workings in difficult mining and geological conditions is studied and additional protection measures to ensure the stability of the main roads of the mountains are substantiated. 1250 m. The parameters of anchoring are determined and the possibility of changing the location of the workings relative to the weak layer of siltstone and relative to the neighboring workings is considered. Economic calculations for the considered options for protection of drifts have shown that the cheapest options will be anchoring of separate sections of drifts, where they cross the siltstone layer and the option with the separation of two adjacent main drifts at a distance of 32 to 49 m.

Key words: mining and geological conditions, depth of works, main roads, protection measure, parameters, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	9
1.1 Геологія родовища (характеристика вугільних пластів, межі та розміри шахтного поля).....	9
1.2 Розкриття і підготовка шахтного поля.....	15
1.3 Очисні та підготовчі роботи.....	17
1.4 Вентиляція.....	20
1.5 Стислий аналіз технологічної схеми шахти та виявлення вузьких місць....	22
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ, КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ПЛАСТА d_4	27
3 ПРОГНОЗ СТАНУ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ.....	36
3.1 Загальні положення при проектуванні капітальних виробок	36
3.2 Визначення розрахункової міцності порід.....	38
3.3 Прогноз зміщень порід на контурі гірничої виробки, яка пройдена в недоторканному масиві.....	42
4 ПОШУК ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК.....	48
4.1 Вивчення досвіду охорони капітальних виробок у складних гірничо-геологічних умовах.....	48
4.2 Вибір додаткових заходів охорони щодо забезпечення стійкості капітальних виробок.....	55
4.3 Розрахунок параметрів кріплення магістрального польового штреку	58
4.4 Обґрунтування параметрів додаткових заходів охорони виробок.....	62

4.5 Визначення доцільного місця розташування магістральних виробок для забезпечення безремонтного стану.....	73
4.6 Економічне обґрунтування доцільного технологічного рішення щодо охорони магістрального штреку.....	76
5 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	80
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91

ВСТУП

Актуальність роботи. Аналіз стану капітальних виробок показав, що поліпшити техніко-економічні показники їх спорудження та підтримання на великих глибинах можна шляхом застосування додаткових заходів (способів охорони) підвищення стійкості цих виробок. Тому вдосконалення заходів охорони, спрямованих на підвищення стійкості виробок капітальних виробок, і обґрунтування їх параметрів є актуальним завданням для вугільної промисловості.

Метою роботи є вдосконалення заходів охорони капітальних виробок в умовах пласта d₄ «Шахтоуправління «Покровське».

Ідея роботи полягає у розробці технічних рішень щодо охорони капітальних виробок на великих глибинах в умовах пласта d₄ «Шахтоуправління «Покровське».

Об'єктом дослідження є: капітальні виробки, які охороняються на великих глибинах.

Предметом дослідження є заходи охорони капітальних виробок.

Задачі дослідження:

- Аналіз підприємства та умов його роботи;
- Вивчення стану капітальних виробок та прогноз зміщень при збільшенні глибини їх закладання;
- Аналіз досвіду охорони капітальних виробок та пошук шляхів охорони таких виробок в умовах ш/у «Покровське» в умовах великих глибин;
- Визначення параметрів додаткових заходів для охорони капітальних виробок та визначення їх ефективності.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень: отримані результати ґрунтуються на реальних даних та на апробованих методиках.

Практичне значення: результати можуть бути використані в умовах «Шахтоуправління «Покровське».

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Геологія родовища (характеристика вугільних пластів, межі та розміри шахтного поля)

Будівництво шахти «Червоноармійська-Західна № 1» («ШУ«Покровське »») здійснювалося з 1974 року відповідно до технічного проекту будівництва, розробленого інститутом «Донгіпрошахт» у 1972 році та затвердженим постановою колегії Міністерства вугільної промисловості СРСР від 31.08.72 №58 / 50. У зв'язку з уточненням в ході будівництва гірничо-геологічних умов відпрацювання запасів, введенням в дію за період 1974-1985 роки ряду нових правил безпеки і директивних документів з проектування та будівництва вугільних шахт, інститутом був скоректований технічний проект будівництва шахти і затверджений постановою Мінвуглепрому СРСР від 30.01.87 №12-50 / 71 за погодженням з Держбудом і Держпланом СРСР.

Скоригованим технічним проектом будівництва шахти (1986р.) введення шахти в експлуатацію загальною потужністю 2100 тис. т вугілля на рік передбачалося двома пусковими комплексами: перший потужністю 1500 тис. т з одночасною роботою чотирьох лав в блоках №6 і №4 в 1990 році, другий - потужністю 600 тис.т в складі додатково двох лав в блоках №2 і №3 - у 1994 році. Перший пусковий комплекс був введений в експлуатацію в терміни, передбачені проектом в грудні 1990 року виробничою потужністю 1.5 млн.т на рік.

Дільниця шахти «Червоноармійська-Західна №1» розташована в Вовчанському підрайоні Південно-Донбаського вугленосного району. За адміністративним поділом він відноситься до Покровського району, Донецької області, Україна.

В геоморфологічному відношенні ділянка підприємства являє собою рівнинну місцевість, має загальний невеликий ухил у південно-західному напрямку в бік течії річки Солоної.

Межами шахтного поля є:

- За повстанням - Криворізько-Павлівський скид;
- За падінням - Котлинський насув;
- За простяганням - скид № 6 і умовна лінія, яка продовжує його до Криворізько-Павлівського скиду, на півдні - умовна лінія, що проходить через свердловини № 2184 і лінію виклинювання пласта до Котлинського насуву.

Розміри шахтного поля:

- за простяганням - 16 км;
- за падінням - 6 км.

Балансові запаси вугілля на момент початку ведення робіт по шахті затверджені протоколом № 225 ТЕС ПО "Укрвуглегеологія" від 20 грудня 1985 року й становлять 131 389 тис. т вугілля, в тому числі категорій А + В = 76617 тис. т або 50%, категорії А = 26311 тис. т або 20%, що відповідає вимогам нормативних документів.

Поле шахти складено породами нижнього карбону юрського ярусу, представленого свитами C_1^4 і C_2^0 , повсюдно покритими молодшими утвореннями третинного (неогенового) і четвертинного віку.

Четвертинні відклади поширені суцільним покривом і представлені суглинками і глинами з вапняними стягненнями і сланцями залізнення. Потужність четвертинних відкладень змінюється від 0 до 59 м, переважно 20-30 м. Четвертинні відкладення повсюдно перекриті ґрунтовим шаром 0,30 - 0,70 м.

Відкладення неогенового віку на більшій частині площі представлені тонкозернистими пісками від 0 до 38 м, переважно 15 - 25 м. В нижній частині піски обводнені та здатні до опливання. Вище пісків подібно

сланцям залягають сарматські суглинки і глини, іноді переходять в супіски. Потужність сарматських відкладів 4-11 м.

Відкладення нижнього карбону свити C_1^4 представлені від вапняку D_4 (Петропавлівського) до вапняку E_1 і складені пластами пісковиків, сланців піщаних і сланців глинистих, що вміщають вугільні пласти; переважають сланці піщані і пісковики. Вапнякових пластів в підшві міститься до 21, вугільних прошарків - до 27. За загальним літологічним характером вся товщина досить однотипна. Лише в інтервалі вапняків майже немає вугільних пластів, а в нижній частині відсутні потужні товщі пісковиків.

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

У цій товщі вугільні прошарки малопотужні та невитримані як по потужності, так і по поширенню. Переважають в підшві піщанисті породи – сланці піщані і пісковики.

У тектонічному відношенні поле шахти розташоване в центральній частині геолого-промислового району між Котлинським насувом на сході і Криворізько-Павловським скидом на заході. Площа ділянки є дуже пологою антиклінальною, витягнута вздовж Криворізько-Павлівського скиду майже в меридіанному напрямку.

Внаслідок підняття і занурення складки антикліналей розпадаються на більш дрібні куполоподібні структури. Крила складки характеризуються пологим падінням.

Зони дроблення або насувів і скидів часто складаються з серії дрібних зсувів, площини скидів яких мають різне падіння під різними кутами.

Дрібні тектонічні порушення послаблюють стійкість покрівлі та підшви, сприяють засміченню вугілля бічними породами.

Промислова вугленосність на полі шахти пов'язана з відкладеннями світ C_1^4 і C_1^5 нижнього карбону. З 27 вугільних прошарків, що знаходяться в

цьому полі, тільки один пласт d_4 має витриману робочу потужність на всьому шахтному полі. На окремих незначних ділянках робочої потужності досягає пласт d_6^1 (хибний). Потужність інших прошарків не перевищує 0,40 м. Пласт d_4 характеризується простою і складною будовою. Загальна потужність пласта коливається від 0,75 до 1,90 м, рідко до 2,0 м. Зменшення потужності пласта відбувається в північному напрямку поступово, в південному - різко. Характерна потужність пласта для північної частини поля - 0,90 м, для південної - 1,50 м.

Проста будова пласта відзначається в північно - східною частиною шахтного поля. Потужність вугільної пачки змінюється від 0,75 до 1,60 м.

У західній і південній частинах поля пласт складається з двох пачок. Потужність верхньої пачки змінюється від 1,0 до 1,40 м, нижньої - від 0,05 до 0,55 м. Нижня зольна частина складається з тонкого прошарку вугілля і сланцю глинистого. На окремих ділянках кількість глинистих прошарків настільки велика, ніж нижня пачка, яка внаслідок високої зольності втрачає промислове значення. Місцями потужність окремих прошарків сланцю зростає від 0,03 до 0,04 м, розщеплюючи пласт на дві, рідше на три і чотири вугільні пачки: верхньої потужністю 0,55-1,65 м, середньої - 0,10 - 0,20 м і нижньої - 0,10-0,35 м. У західній частині поля також спостерігаються різкі коливання не тільки потужності, але й будови пласта на досить коротких відстанях (300-500 м). Пласт d_1^6 залягає в 220-230 м від пласта d_4 . Робочої потужності пласт досягає на невеликих відокремлених площах і промислового значення не має.

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

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

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

Підземні води на полі шахти відносяться до відкладів четвертинного і неогенового віку, а також кам'яновугільного.

Четвертинний водоносний горизонт - "верховодка" поширений на водорозділах і в знижених частинах рельєфу - долинах річок і великих балок.

Рівень "верховодки" - непостійний і схильний до різких коливань в залежності від гідрометеорологічних умов.

Води сильно мінералізовані (сухий залишок складає 4-5 г / л), тверді (загальна жорсткість становить 25-32 ммоль/ дм³).

За даними геологічного звіту очікуваний приплив води в шахту складе 400 м³/ годину при повному розвитку гірничих робіт.

Гідрогеологічні умови пласта d₄ в цілому складні. Причому найбільш тривалі припливи, як показали спостереження, будуть з пісковиків.

Крім проривів з окремих водоносних горизонтів на полі шахти, можливі прориви води із зон тектонічних порушень. Прориви води матимуть короткочасний характер від декількох годин до декількох тижнів. Величина прориву води в шахту складе 80 м³/год. Згодом дебіти проривів будуть зменшуватися до незначних, в зв'язку з цим при підході гірничих виробок до тектонічних порушень слід проводити попереднє буріння.

За хімічним складом підземні води до глибини 200 м відносяться до хлорид-сульфатно-кальцієвого типу з мінералізацією 1,9-3,3 г/л, лужні і слаболужні рН-8, 3,5-7,7. Загальна жорсткість змінюється від 20 до 32,94 ммоль/дм³.

Основні відомості про пласт і його бічні породи наведені в таблицях 1.1 і 1.2

Таблиця 1.1 – Основні параметри пласта d₄

Найменування показника	Пласт d ₄
Потужність пласта, м	0,6-2,0
Будова пласта	проста, складна (західна і південна частини шахтного поля)
Кут падіння, град	2 - 6
Марка вугілля	К
Щільність вугілля, т/м ³	1,33 – 1,35
Природна зольність, %	9-34
Газоносність, м ³ /т.д.б.м.	10-20
Виділення пилу, г/т	12
Схильність вугільного пилу до вибуху	схильний
Вміст води, %	2,8-3,2
Вміст сірки, %	0,8
Вихід летючих, %	30-32,4
Теплота спалювання, ккал	8150-8350
Потужність вугілля	1,5
Схильність до самозаймання	Ні, крім зон геологічних порушень
Небезпека за раптовими викидами вугілля і газу	Вище ізогіпси 593 м - загрозливий за викидами, нижче - небезпечний
Небезпека по гірськими ударами	безпечний

Безпосередня покрівля пласта d₄ представлена газоносним піщаником d₄sd₄¹ потужністю 10,3-25,4 м. На частині виїмкового поля між вугільним пластом d₄ і піщаником є помилкова покрівля, представлена глинистим сланцем потужністю 7,9 м.

У підшві пласта залягає глинистий сланець потужністю до 0,95 м і піщаник d₄¹sd₄ потужністю 6,1-13,2 м.

Таблиця 1.2 – Характеристика порід, що вміщують пласт d₄

Назва показника	Характеристика порід
Породи безпосередньої покрівлі	
Літологічний склад	алевроліт
Потужність порід, м	4,0-10,15
Міцність порід	f = 4,57-12,02
Категорія стійкості	Б ₃ , Б ₄ - малостійкі, середньої стійкості
Породи основної покрівлі	
Літологічний склад	пісковик
Потужність порід, м	0,0-3,0
Міцність порід	f = 3,42-6,34
Категорія з обвалення	A ₂ - середньообвалювані
Породи безпосередньої підосви	
Літологічний склад	алевроліт
Потужність порід, м	0,0-1,40
Міцність порід	f = 3,2-4,1
Породи основної підосви	
Літологічний склад	пісковик
Потужність порід, м	5,10-29,40
Міцність порід	f = 5,0-8,6
Категорія стійкості	Схильний до підняття П ₂

1.2 Розкриття і підготовка шахтного поля

Шахтне поле розкрито двома центрально - здвоєними стволами - скіповим і клітьовим й двома блоковими стволами - повітряподавальним стволом № 1 і вентиляційним стволом № 1. Крім того, на промайданчику повітряподавального ствола № 2 пройдена вентиляційна свердловина.

На шахті чотири основних робочих горизонту - 593 м, 708 м, 815 м та 950 м.

На горизонті 593 м пласт розкритий приствольними виробками, на горизонті 708 м - дренажним квершлагом.

Скіповий ствол пройдений до горизонту 708 м. Він служить для видачі вугілля і породи та вихідного потоку повітря з шахти.

Клітьовий ствол служить для спуску - підйому людей, матеріалів і устаткування, подачі свіжого струменя повітря в шахту. Ствол пройдений до горизонту 708 м.

Повітряподавальний ствол № 1 пройдений до горизонту 593 м. Служить для спуску - підйому людей, матеріалів, видачі гірської маси і подачі свіжого струменя повітря в шахту.

Вентиляційний ствол № 1 призначений для аварійного підйому людей і видачі вихідного струменя повітря, пройдений до горизонту 708 м.

Повітряподавальний ствол № 2 служить для спуску - підйому людей, матеріалів, устаткування, подачі свіжого струменя повітря в шахту. Цей ствол пройдено до горизонту 815 м.

В існуючих межах підготовка передбачена панельна, іноді погоризонтна. Поле за падінням горизонтом 805 м розділене на бремсбергові та похилі частини. У бремсберговому полі горизонту 805 м виділена одна одностороння панель, в ухилому – горизонту 805 м - одна двостороння панель.

Підготовка бремсбергової панелі здійснюється трьома пластовими похилими виробками, що розташовуються в охоронному цілику під залізницю, і фланговими вентиляційними виробками. В ухилій панелі, в центральній її частині, замість трьох похилих виробок за умовами вентиляції передбачаються чотири виробки, і дві флангові вентиляційні виробки - по одній виробці на кожному крилі панелі.

Запаси пласта d₄ потужністю більше 1,4 м розташовуються на ділянці овальної форми на всьому протязі шахтного поля в напрямку лінії падіння пласта. Розмір за простяганням цієї ділянки в блоках № 2 і 3 складає у

середньому 5300 м, у блоці № 8 - 4300 м, у блоці № 10 - 3500 ... 4000 м. На ділянці «Червоноармійській - Західній № 2-3» - 5500 м.

1.3 Очисні та підготовчі роботи

Система розробки - стовпова за простяганням, блоки 2, 2-3, 5, 8, 10. В блоці 6 система розробки - стовпова за повстанням.

В межах виїмкових полів технологія ведення робіт - безціликова. Конвеєрні виробки повторно використовуються як вентиляційні.

Виймання вугілля в лавах здійснюється механізованими комплексами з кріпленнями ЗКД-90Т, ДМ, МКЮ, конвеєрами СПЦ-230, CZK-228/800, CZK-190/800, СП-326, JOY та комбайнами JOY, MB-12-450, MB-12-410, 2РКУ-13 і УКД 200-250, а також комплекс з кріпленням DBT, струговою установкою РНН-42, конвеєром РF-3/822.

Спосіб управління покрівлею - повне обвалення. Довжина лав - 200 - 300 м. Навантаження на очисні вибої становлять 3200-4500 т/добу.

Способи охорони і підтримання виробок, що прилягають до очисних вибоїв:

- конвеєрні штреки - проведення в масиві вугілля і підтримання позаду вибою лави для повторного використовуються при відпрацюванні суміжного стовпа. Параметри охорони зберігаються існуючі і уточнюються в процесі ведення очисних робіт;
- повітряподавальні або вентиляційні (колишні конвеєрні) штреки повторно використовуються і погашаються позаду вибоїв лав.

Кріплення штреків, що прилягають до очисних вибоїв, закріплюються металевим арочним кріпленням у комбінації з анкерним.

Спосіб проведення, механізація підготовчих робіт і доставка на поверхню гірської маси з підготовчих вибоїв:

- проходка підготовчих виробок - вузьким ходом. Спосіб проведення пластових виробок - комбайновий, польових виробок - буропідбивний і комбайновий;

- механізація гірничопрохідницьких робіт при комбайновому способі проходки-прохідницькі комбайни типу КСП42, КСП32, П-110, при буропідбивному способі проходки - породонавантажувальні машини типу 2ПНБ2Б, МБП, 1ППМ5;

Перетини виробок приймаються за умови розміщення обладнання, подачі необхідної кількості повітря для провітрювання очисних і підготовчих вибоїв і складають 15,5-18,3 м² в світлі до осідання.

Залишення породи в шахті не передбачається.

Роботи в лаві виконуються добовою бригадою. Режим роботи ділянки - безперервний робочий тиждень, у робочих три робочі дні, четвертий вихідний. Протягом доби роботи в лаві ведуться в чотири зміни: одна - ремонтна, три - з видобутку.

Для забезпечення нормальної роботи механізованого комплексу, щодоби в ремонтну зміну проводиться профілактичний огляд і поточний ремонт усіх машин і механізмів комплексу, ремонт гірничих виробок.

Для виконання ремонтних робіт організовуються ремонтні ланки. З метою відповідальності все обладнання закріплюють за окремими робочими (табл. 1.3).

Проведення всіх підготовчих виробок приймають вузьким вибоєм.

Механізація гірничопрохідницьких робіт:

- при комбайновому способі проходки приймаються комбайни КСП42, КСП32, 2П-110 дозволяють проводити вироблення пластові і породні з міцністю порід до 12 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова. Продуктивність буде складати 02-1,8 м³/хв.

- при буропідбивному способі проходки - породонавантажувальні машини типу 2ПНБ2Б, МБП, 1ППМ5.

Таблиця 1.3 - Графік організації робіт

Професія	Вид робіт	Кількість виконуючих роботи
Організація робіт в I зміні:		
МГВМ	працюють відповідно до графіка планово-попереджувальних ремонтів.	2
ГРОВ	роблять профілактичний огляд і поточний ремонт кріплення і гідросистеми комплексу, конвеєра лави і штреку, оформлення верхнього і нижнього сполучень лави, здійснюють постановку підсилюючого кріплення у виробках попереду і за лавою, роботи з охорони і підтримання виробок. Комплекс робіт з охорони праці.	18
ГРП по РГВ	погашення тупика виробки.	3
ГРП	зачистка виробки, доставка і видача матеріалів.	4
Робочі з установки анкерів	Буріння шпурів, установка анкерів.	2
Електро-слюсар	Обслуговування очисного комплексу і електроустаткування ділянки, відкачка води.	11
МПУ	Обслуговування конвеєрів.	3
Організація робіт в II-IV зміні:		
МГВМ	Виймання вугілля і обслуговування комбайна.	2
ГРОВ	Кріплення привибийного простору, пересування конвеєра лави і штреку, обслуговування кріплення і гідросистеми комплексу оформлення верхнього і нижнього сполучень лави, здійснюють постановку підсилюючого кріплення у виробках попереду і за лавою, роботи з охорони і підтримання виробок. Комплекс робіт з охорони праці.	12
ГРП і РГВ	погашення тупика виробки.	3
ГРП	зачистка виробки, доставка і видача матеріалів.	2
Робочі з установки анкерів	Буріння шпурів, установка анкерів.	2
Електро-слюсар	обслуговування очисного комплексу і електроустаткування ділянки, відкачка води.	2
МПУ	Обслуговування конвеєрів.	5

Перерізи гірничих виробок прийняті за умови розміщення обладнання, подачі необхідної кількості повітря для провітрювання очисних і підготовчих вибоїв.

1.4 Вентиляція

На головному стволі встановлено два вентилятори типу ВЦД-47, 5У з електродвигунами типу СДСЗ-17-76-12УХЛ4 потужністю по 4000 кВт і розгінними електродвигунами типу АКН2-17-41-16УХЛ4 потужністю по 1250 кВт.

На майданчику вентиляційного ствола № 1 встановлено два вентилятори типу ВЦД-31, 5М з електродвигунами типу АКН2-16-69-10УХЛ4 потужністю 1250 кВт. Близько вентиляційної свердловини встановлено два вентилятори типу ВЦД-31, 5М з електродвигунами типу СДСЗ-17-41-16УХЛ4 потужністю по 1600 кВт.

Основні дані вентиляторних установок наведені в таблиці 1.4.

Зберігається всмоктуючий спосіб провітрювання шахти і комбінована схема провітрювання.

Таблиця 1.4 - Дані вентиляційних установок шахти

Місце встановлення	Кількість повітря, м ³ /с		Депресія , даПа	Тип вентилятора	Число вентиляторів в установці, шт.	
	Розрахункова по шахті	з урахуванням підсосів в надшахтній будівлі			робочих	резервних
ГОЛОВНИЙ СТВОЛ	274,4	324,1	440,0	ВЦД 47,5В	1	1
Вент. ствол № 1	220,0	267,8	329,0	ВЦД 31,5М	1	1
Вент. свердловина ВПС № 1	157,6	169,5	449,0	ВЦД 31,5М	1	1

Допоміжний ствол використовується для подачі свіжого повітря в гірничі виробки блоків № 2 (північне крило), № 3, № 5 і № 8 (центральна панель).

Повітроподавальний ствол № 1 використовується для подачі свіжого повітря в гірничі виробки блоків № 2 і № 6.

Повітроподавальний ствол № 2 використовується для подачі свіжого повітря в гірничі виробки блоків № 8 (південна панель) і № 10.

По головному стволі здійснюється вивід вихідного струменя повітря на поверхню гірських виробок блоків № 3, № 5 і № 8 (північне крило центральної панелі).

По вентиляційній свердловині № 1 здійснюється виведення вихідного струменя повітря на поверхню з гірських виробок блоків № 2, № 3 та № 6.

По вентиляційному стволу № 1 здійснюється виведення вихідного струменя повітря на поверхню з гірських виробок блоків № 8 і № 10.

Схема провітрювання виїмкових ділянок - зворотноточна і прямоточна з видачею вихідного струменя повітря на вироблений простір і підсвіженням вихідного струменя з лави.

При схемах провітрювання виїмкових ділянок типу 3-В передбачається дегазувати зближені шари і породи покрівлі свердловинами, пробуреними з вентиляційних виробок за очисними вибоями. На виїмкових ділянках, провітрюваних за схемою 1-М, необхідно дегазувати покрівлю свердловинами, пробуреними з вентиляційних виробок попереду очисних вибоїв і здійснювати ізолювання від метану з виробленого простору підземними газовідсмоктувальними вентиляторами.

За ступенем стійкості провітрювання шахта відноситься до II категорії, що відповідає вимогам «Керівництва з проектування вентиляції».

Для підвищення ефективності та надійності провітрювання виїмкових ділень, а також для зниження витоків повітря на перетинах свіжого і вихідного потоків, передбачається застосування автоматичних шлюзових пристроїв з металевими вентиляційними блоками типу БВД (транспортним) і БВК (конвеєрним).

Провітрювання підготовчих вибоїв здійснюється вентиляторами місцевого провітрювання типу ВМ6В, ВМЕ2 / 8 і ВМЕ2 / 10 в залежності від довжини тупикового вибою в комплекті з вентиляційними прогумованими трубами діаметром 800 ... 1200 мм. Вентиляційні труби - комбіновані, що складаються з гнучких труб і введених всередину їх поліетиленових рукавів, діаметр вентиляційних труб - 800 ... 1200 мм.

1.5 Стислий аналіз технологічної схеми шахти та виявлення вузьких місць

В результаті розгляду гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов відпрацювання пласту d₄ «Шахтоуправління «Покровське» можна зробити висновки про сучасність прийнятих технічних рішень при веденні очисних та підготовчих робіт, про що свідчать високі техніко-економічні показники підприємства.

Прийнятий спосіб розкриття шахтного поля також задовольняє потребам виробництва, оскільки при великих розмірах поля забезпечується задовільне провітрювання найбільш віддалених його ділень.

Спосіб підготовки на переважній площі панельний, але місцями застосовується погоризонтний. Звичайно останній є більш доцільним, але при попередньому порівнянні. Для вибору остаточного варіанту має передувати техніко-економічне обґрунтування, яке здійснюється проектувальниками на етапі планування робіт. Тому результат, який

спостерігається на планах гірничих виробок є обґрунтованим і, на нашу думку, не потребує вдосконалення.

Системи розробки застосовуються стовпова та комбінована. Здебільшого використовується перший варіант, а на газорясних ділянках – другий. Звісно, комбіновані системи розробки мають багато переваг над стовповими [1], але доцільність того чи іншого варіанту визначається, знов таки, техніко-економічним порівнянням та результатами діяльності. Тому, як у випадку способів підготовки, немає потреби у обґрунтуванні систем розробки.

Що стосується підготовчих робіт, то вони виконуються в інтенсивних умовах з великими швидкостями посування вибоїв для своєчасної підготовки стовпів до виймання. Характеристики виробок та їх кріплень в цілому задовольняють вимогам, які ставляться для досягнення поставленої мети.

Таким чином, можна констатувати, що на даний момент прийняті технічні рішення є ефективними та дозволяють забезпечити заплановану виробничу потужність підприємства. Але разом з тим ці рішення запроектовані на обмежену частину шахтного поля (рис. 1.1) і їх застосування на інших ділянках може бути ускладнене. Зокрема, на даний момент гірничі роботи ведуться у декількох блоках, причому найглибший є блок № 10, де глибина робіт складає 950-1200 м (рис. 1.2). Доробка діючих блоків передбачає перехід на блоки №11-14 (рис. 1.1). І, якщо для блоку №13 можна приймати рішення блоку №10, оскільки умови сходні, то для блоків, №11, 12 та 14 їх перенесення має бути обґрунтоване. Тобто необхідний аналіз розкриття, підготовки, систем розробки, очисних та прохідницьких робіт саме для цих блоків.

Стосовно способу розкриття шахтного поля суттєвих змін не відбудеться, оскільки буде потреба тільки у додаткових блочних стволах для відокремленого та стійкого провітрювання кожного блоку. Способи

підготовки також можуть бути прийняті за досвідом відпрацювання інших блоків, оскільки кут падіння пласту суттєво не змінюється. Якщо розглядати погоризонтний та панельний способи, то принципової різниці між ними не буде. Системи розробки також залишаються ті, які застосовувались, але перевагу необхідно віддавати комбінованій на основі стовпової зі схемою провітрювання 3-В. Це обумовлено збільшенням глибини, а, відповідно, ускладненням газової ситуації та теплового чинника. Щодо застосування цієї системи на підприємстві є у наявності типові апробовані паспорти кріплення та управління покрівлею з використанням у якості засобів охорони литих смуг для підтримання виробок позаду лави та повторного їх використання. Але параметри підготовчих робіт можуть суттєво відрізнятися. Зокрема, при збільшенні глибини робіт можуть ускладнитися умови підтримання виробок. Для забезпечення їх стійкості необхідне буде застосування нових технологій кріплення або існуючих з додатковими заходами охорони. Це стосується як підготовчих, так і капітальних виробок. Та для підготовчих це питання менш болюче, оскільки вони проектувалися та будуть проектуватися для умов впливу очисних робіт і на етапі підтримання в них можуть застосовуватись локальні засоби охорони. Крім того, термін служби цих виробок є порівняно невеликим. Більш важливим є питання охорони капітальних виробок, у яких термін служби значний і від їх експлуатаційного та без аварійного стану залежить робота не однієї виїмкової ділянки, а всього блоку або декількох блоків. Тому можна стверджувати, що першочерговою задачею при проектуванні нових блоків є вибір заходів охорони капітальних виробок або вдосконалення наявних.

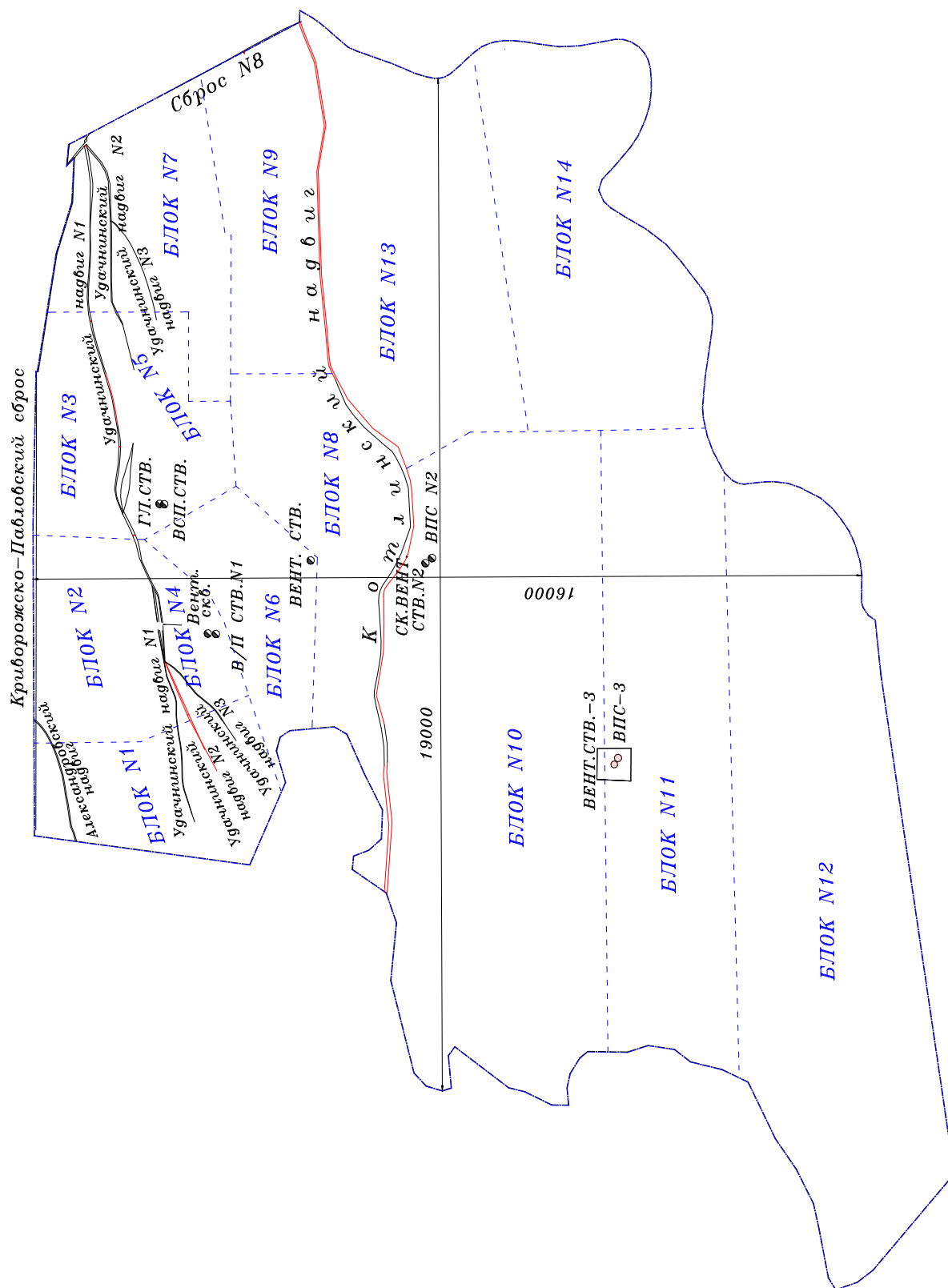


Рисунок 1.1 – Схема шахтного поля «Покровське» з поділом його на блоки

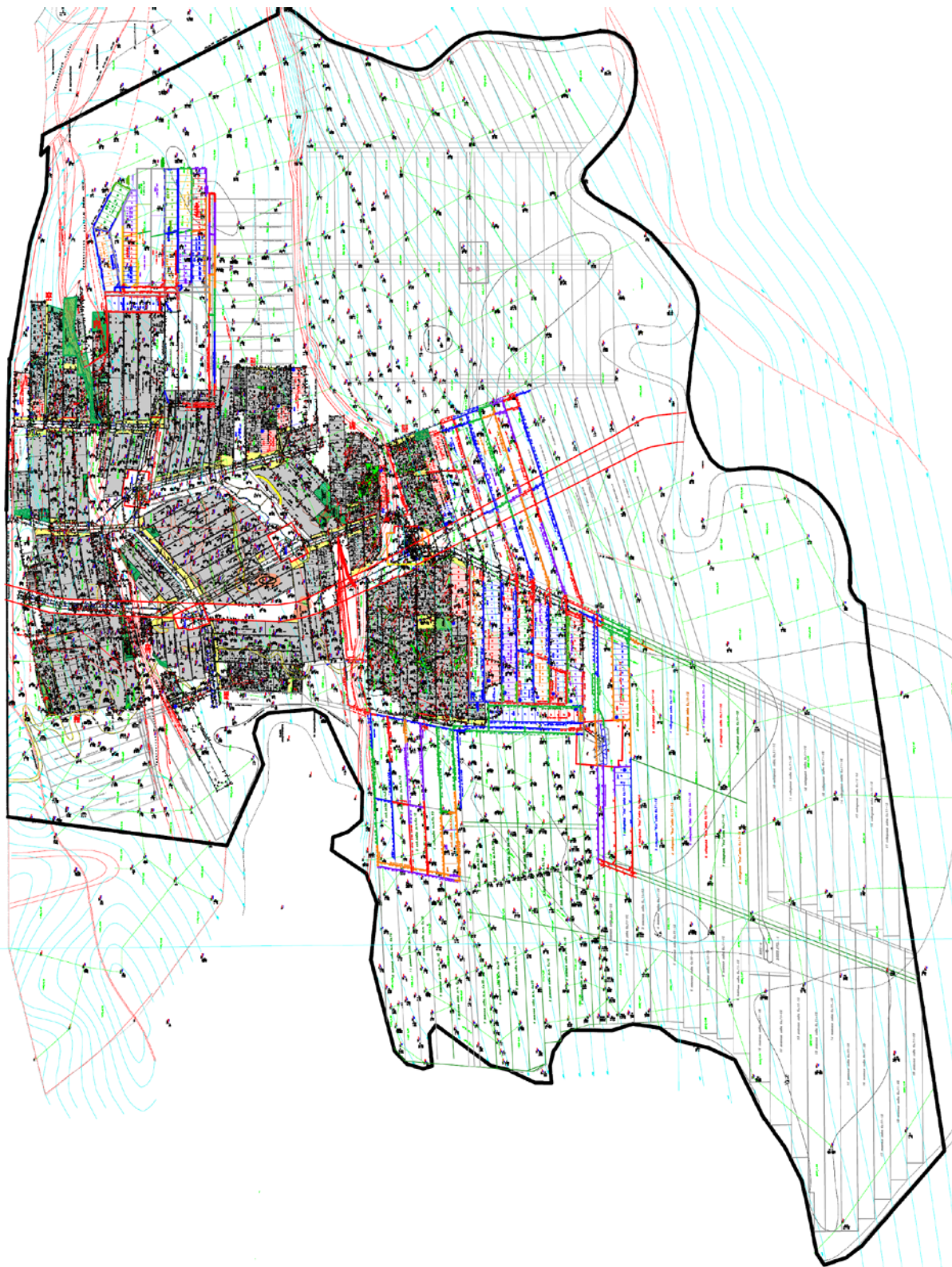


Рисунок 1.2 — Календарний план розвитку гірничих робіт

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ, КРІПЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ПЛАСТА d₄

На даний момент в межах шахтного поля здійснюється розробка декількох блоків і у планах розвитку робіт підготовка та відпрацювання блоків №11-14, які знаходяться на глибинах понад 1100 м. Про це йшлося у розділі 1. При відпрацюванні діючих блоків та раніше відроблених здійснювалась їх підготовка магістральними штреками та похилами з хідниками, які у залежності від щільності гірничих робіт підтримуються декілька років для забезпечення транспортування корисної копалини та породи, матеріалів та людей, а також забезпечення вентиляції окремих ділянок шахтного поля. Наприклад, південний польовий конвеєрний штрек гор. 593 м. був проведений майже 30 років тому для відпрацювання блоку № 6 на протязі 1993-2013 років (рис. 2.1), але підтримується до цього часу; дренажний квершлаг гор. 708 м, південний польовий дренажний штрек гор. 708 м почали проводити 20 років тому для відпрацювання блоку №8, але вони обслуговуються й на цей час, а північний польовий відкатний штрек гор. 708 м, який також обслуговує блок №8, почали проводити у 2013 р. і на даний момент здійснюються прохідницькі роботи для подальшої доробки запасів блоку № 9 (рис. 2.2). У останні декілька років (з 2017 р.) здійснюється проведення північного польового конвеєрного штреку гор. 950 м, північного польового відкатного штреку гор. 950 м, південного польового конвеєрного штреку гор. 950 м та південного польового відкатного штреку гор. 950 м (рис. 2.3). Ці виробки призначені для обслуговування блоку № 11, а потім № 12, причому додатково для обслуговування блоку № 12 будуть проводитись південний польовий конвеєрний штрек гор. 1250 м та південного польового відкатного штреку гор. 1250 м. Це будуть найглибші магістральні штреки у межах шахтного поля й до забезпечення їх експлуатаційного стану є питання, оскільки досвід роботи підприємства

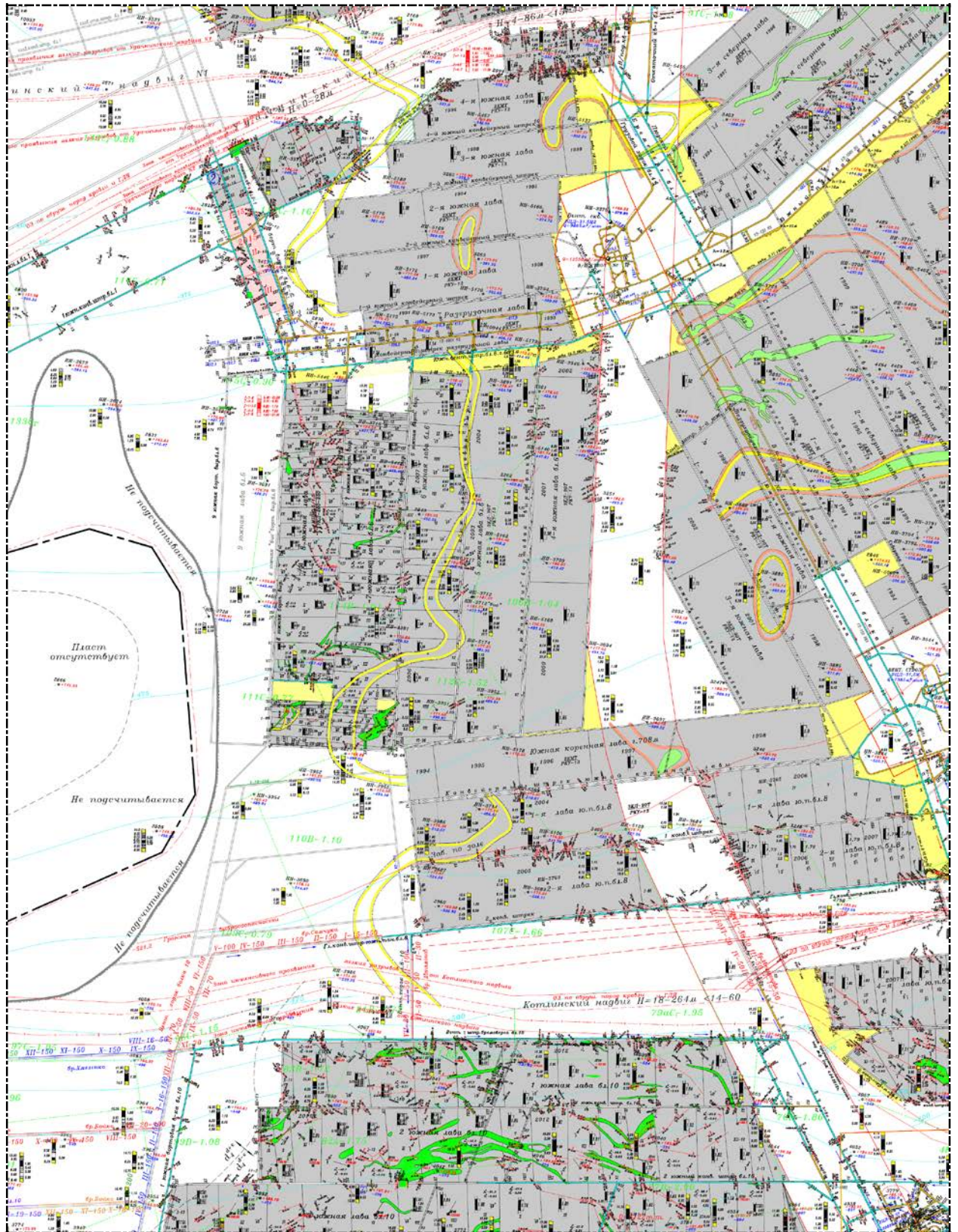


Рисунок 2.1 – Викопіювання з плану гірничих виробок з позначенням гірничих робіт блоків № 4, 6, 8

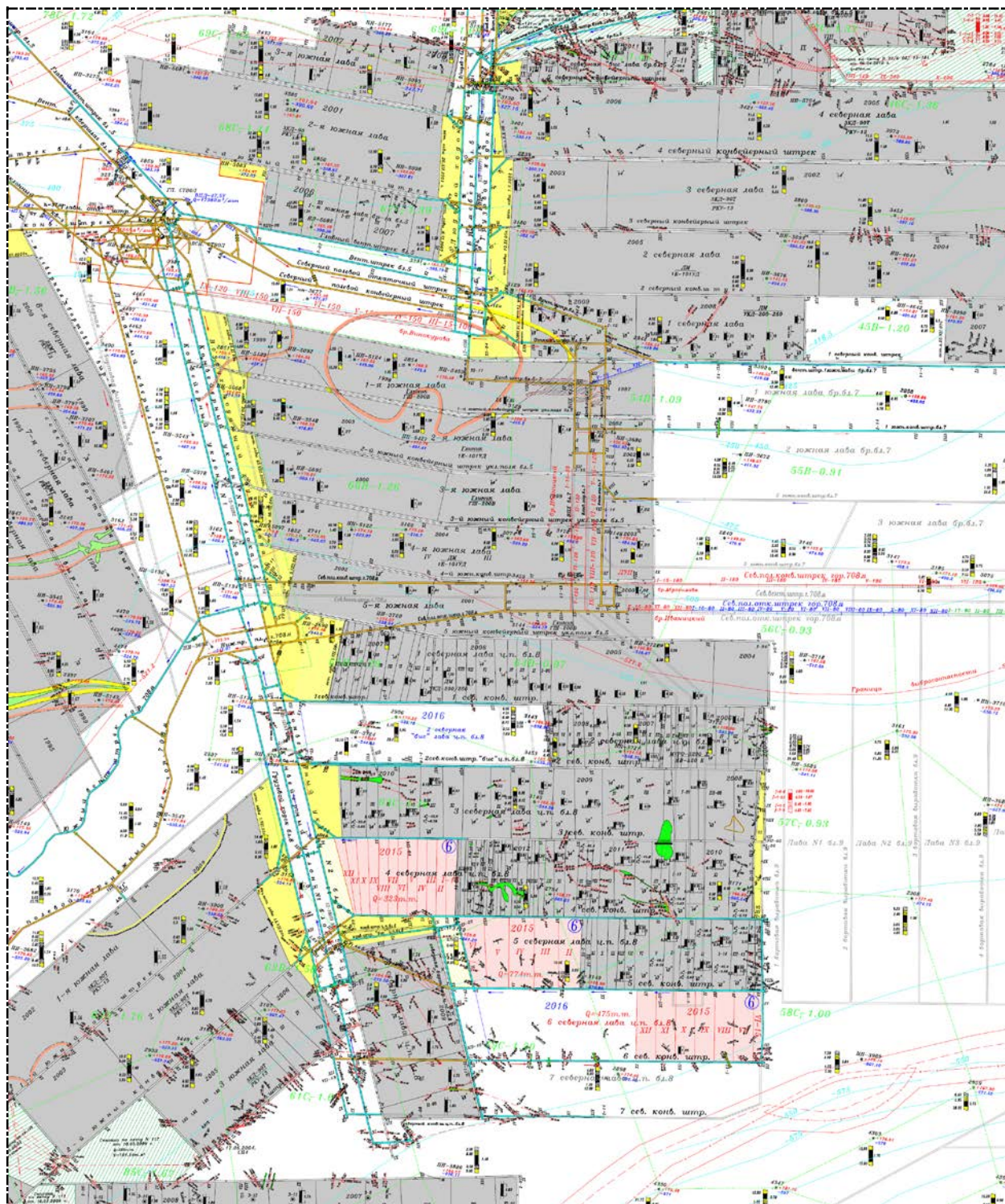
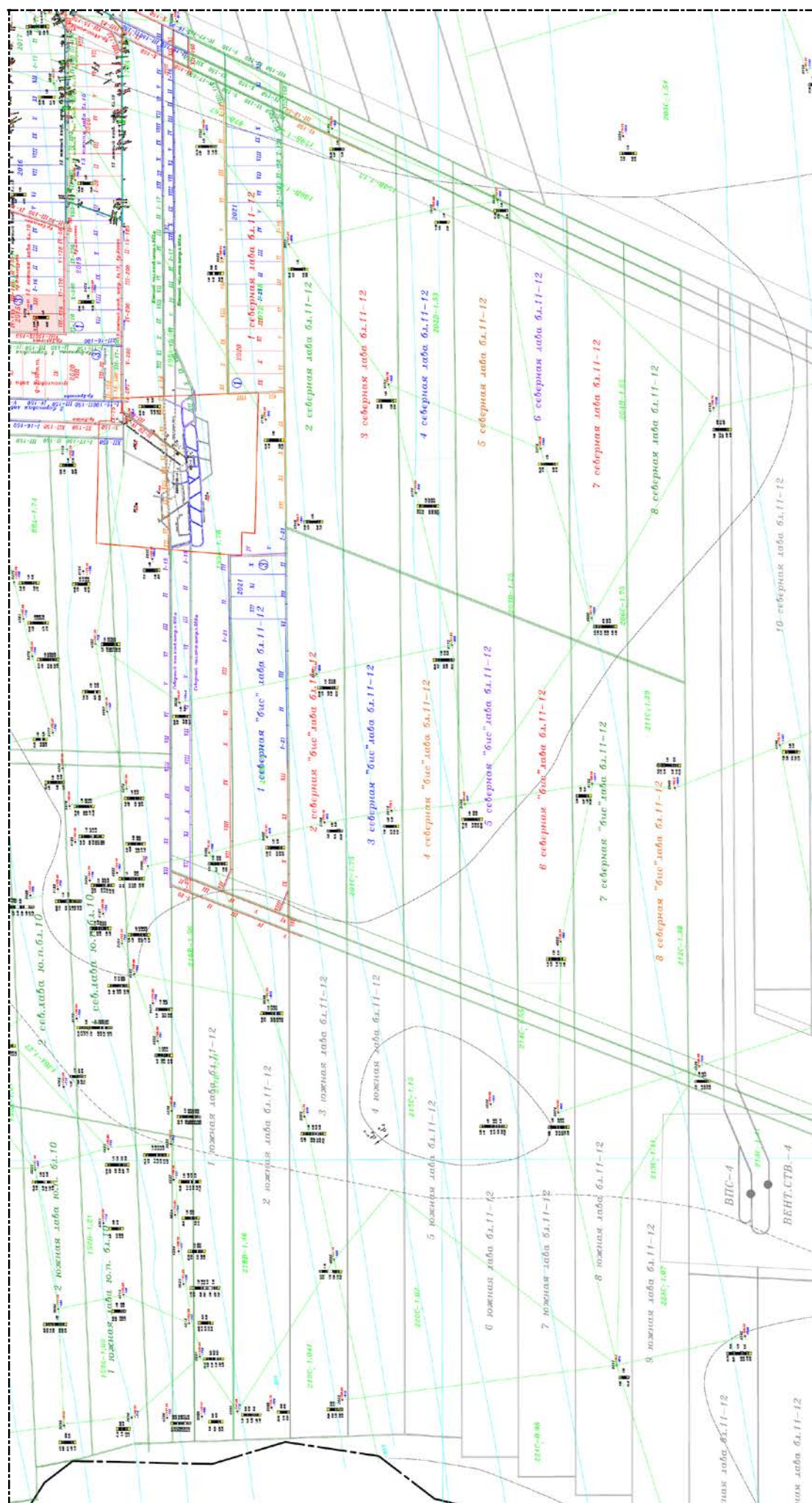


Рисунок 2.2 – Викопіювання з плану гірничих виробок з позначенням
гірничих робіт блоків № 5, 8



розповсюджується на умови з глибинами 950 м. Тобто є необхідність у дослідженні умов підтримання цих виробок та розробці заходів охорони. Але для цього потрібно попередньо розглянути досвід охорони таких виробок на глибинах 950 м та перенести його на нові, можливо з додатковими заходами.

Для аналізу розглянемо технологію проведення магістрального конвеєрного штреку гор. 930 м.

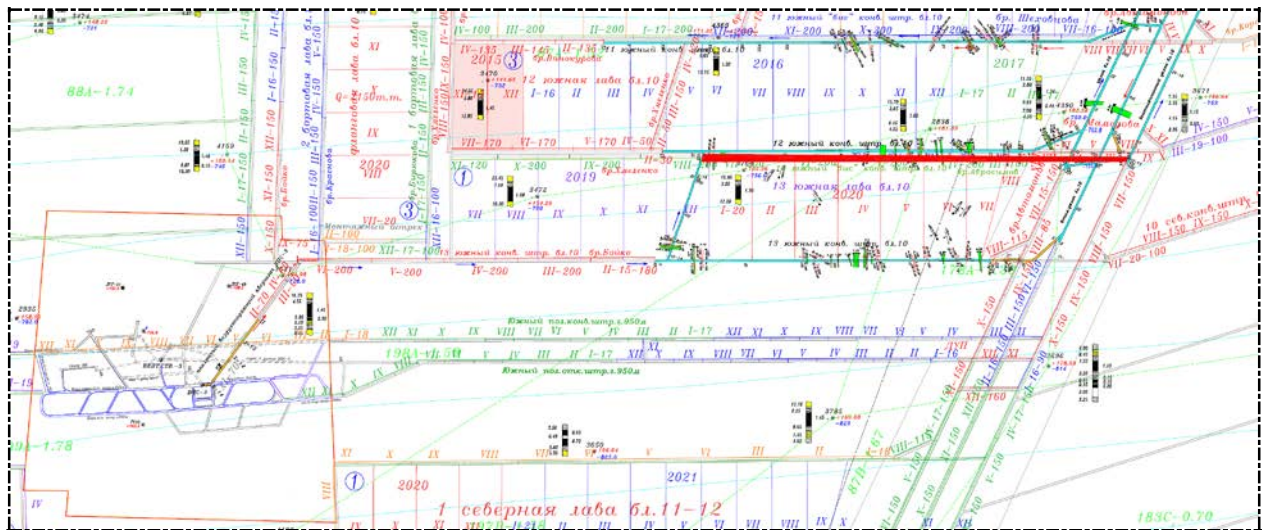


Рисунок 2.4 – Викопіювання з плану гірничих виробок на ділянці проведення південного польового конвеєрного штреку гор. 950 м, південного польового відкатного штреку гор. 950 м та магістрального конвеєрного штреку гор. 930 м.

Роботи з проведення магістрального конвеєрного штреку гор. 930 м були намічені на підставі програми розвитку гірничих робіт на 2020-2021 рік комбайном КСП-43.

Виробка проводиться по порожніх порід з включенням пласта d₃ потужністю 0,1-0,4 м (рис. 2.5).

Транспортування гірської маси планується здійснюватися стрічковими конвеєрами 1 ЛТП-1000. Транспортування матеріалів та обладнання передбачено підвісними дизелевозами.



Рисунок 2.5 – Структура бічних порід

Магістральний конвеєрний штрек гір. 930 м буде служити для транспортування гірничої маси, матеріалів і устаткування, провітрювання гірських виробок і пересування людей.

Площа поперечного перетину виробки у проходці 23,7 м². Кріплення виробки комбіноване рамне (рис. 2.6, 2.7). Основне кріплення КШПУ-20,3, крок установки 0,5 м, затягування боків - сітка, залізобетонна затяжка 1 м від підосви.

Процес проведення штреку складається з наступних технологічних операцій:

- огляд вибою і приведення робочого місця в безпечний стан;
- руйнування вибою комбайном, навантаження гірської маси на

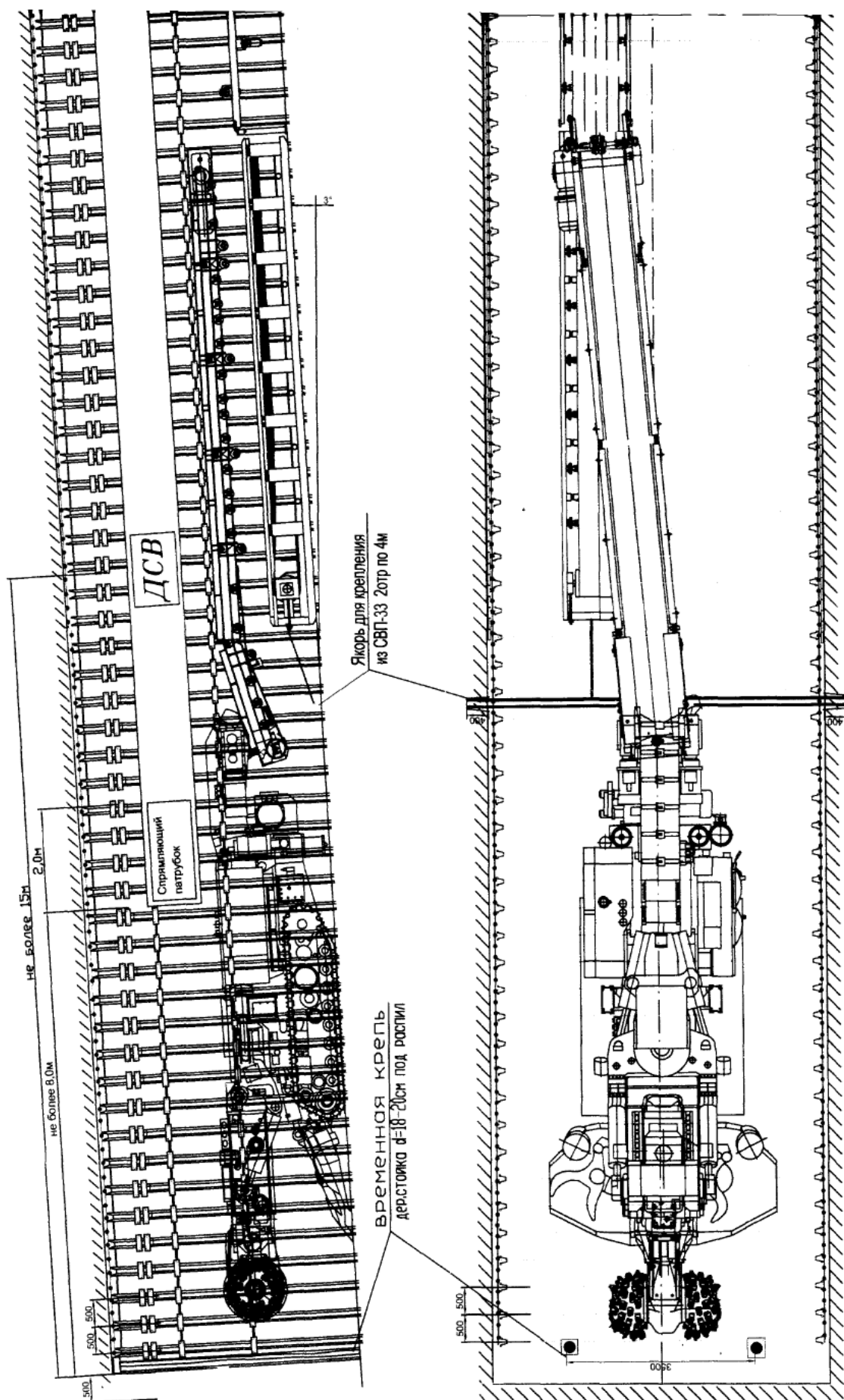


Рисунок 2.6 – Поздовжні розрізи магістрального конвеєрного штреку гор. 930 м

1-1
 КШПУ-20,3
 $S_{пр.} = 23,7 \text{ м.кв.}$ $S_{св.} = 20,3 \text{ м.кв.}$
 сетка -затяжка
 2.0 рам/м

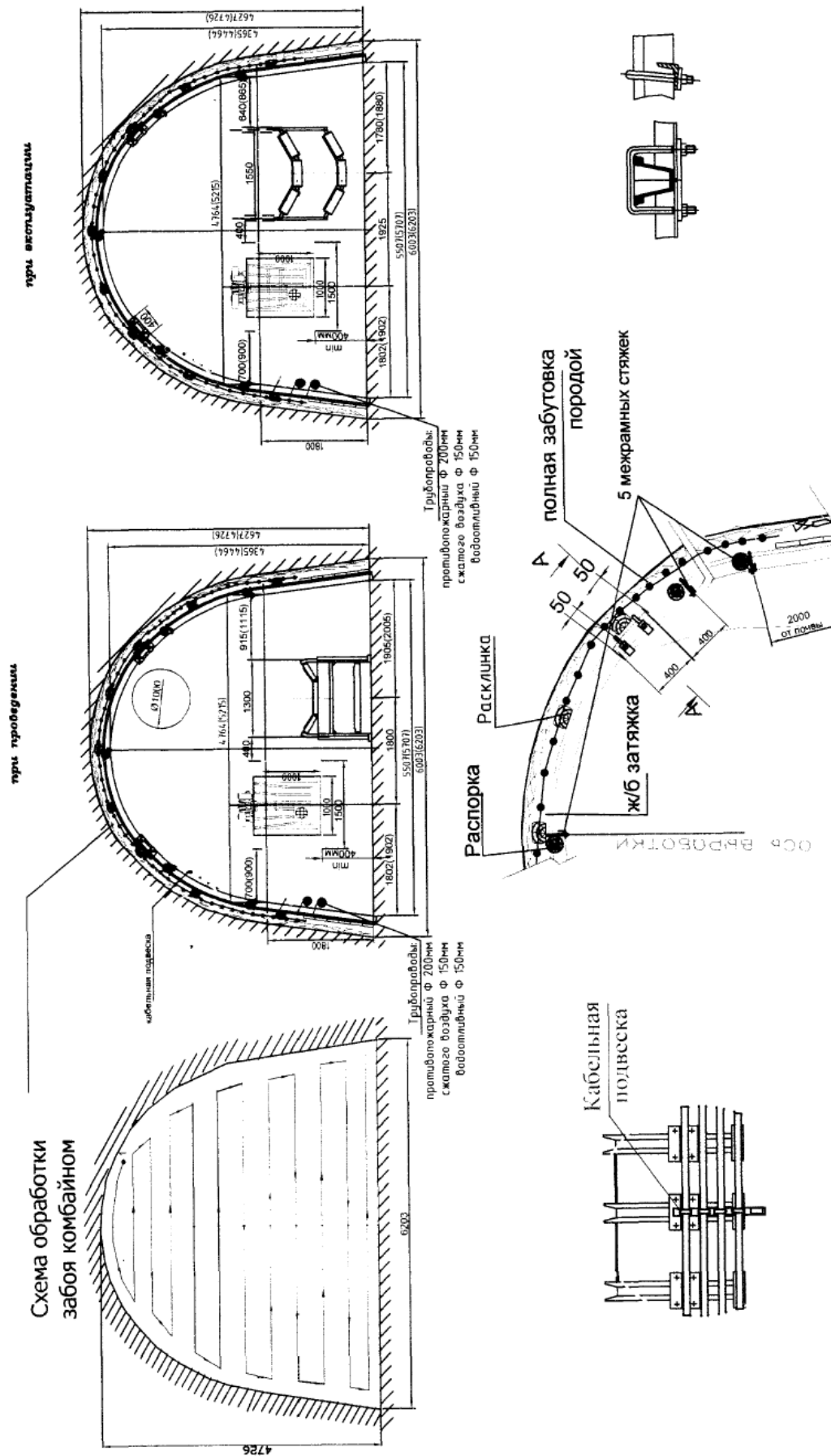


Рисунок 2.7 – Поперечні розрізи магістрального конвеєрного штрєку гор. 930 м

конвеєр;

- транспортування гірської маси по штреку і прилеглим виробках;
- кріплення виробки;
- доставка до вибою елементів кріплення, лісоматеріалів, рейок, ланцюгів, труб і т.д;
- нарощування конвеєра, вентиляційних труб, пожежно-зрошувального трубопроводу;
- профілактичний ремонт комбайна КСП-43 і іншого устаткування.

Чисельність прохідницької бригади 59 осіб, з яких 20 осіб відносяться до першої (ремонтної) зміни, а по 13 осіб – до другої-четвертої.

Кількість циклів з виймання та кріплення виробки у зміну складає 6. Таким чином, добове посування прохідницького вибою складає 6,0 м/добу, місячне 174 м/міс.

Охорона виробки здійснюється у масиві у товщі порід, яка була раніше надроблена очисним вибоєм. Відстань від виробленого простору лави до виробки складає 5 м. Таким чином, дана виробка знаходиться у розвантаженій зоні, тому для її підтримання достатньо тільки основного кріплення.

Південні польові конвеєрний та відкатний штреки гор. 950 м проводяться під пластом d₄ на відстані від нього 5-20 м, але у нерозвантаженій зоні. У цих виробках також використовується КШПУ-20,3 [2], кроком 0,5 м без додаткових заходів охорони.

Перевіримо необхідність застосування додаткових заходів при поглибленні робіт до горизонту 1250 м, де планується проведення польових магістральних штреків під пластом d₄ на відстані 40-120 м.

3 ПРОГНОЗ СТАНУ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ

3.1 Загальні положення при проектуванні капітальних виробок

При проектуванні і спорудженні головних квершлагів, ухилів і магістральних виробок необхідно забезпечувати нормальні умови їх експлуатації без капітального ремонту протягом усього терміну служби шахти або горизонту. Безремонтний стан виробок досягається за рахунок раціональних схем розташування, способів охорони, застосування відповідних гірничо-геологічних умов типів кріплення і технології спорудження виробок [3].

Проектні опрацювання повинні ґрунтуватися на прогнозованих (розрахункових) величинах зсувів порід і навантажень на кріплення по контуру перетину за весь термін служби виробок з урахуванням впливу геологічних і гірничотехнічних факторів. Остаточний вибір параметрів підтримання повинен проводитися на основі техніко-економічного аналізу можливих варіантів розташування і кріплення виробок [3].

При виборі розташування капітальних виробок необхідно керуватися наступними положеннями [3]:

- приствольні виробки, особливо їх сполучення зі стволами, не повинні розташовуватися в зонах великих тектонічних порушень і в напірних водоносних горизонтах;

- при технічній можливості і економічній доцільності виробки приствольних дворів, особливо їх сполучення зі стволами, а також головні магістральні виробки слід розташовувати в однорідних стійких породах;

- виробки приствольних дворів і головні магістральні виробки слід по можливості розташовувати за межами зони впливу пластів, що

розробляються. При розташуванні цих виробок поблизу розроблюваних пластів вони повинні охоронятися вугільними ціликами;

— протяжні ділянки магістральних виробок повинні розташовуватися один від одного на відстанях, що виключають їх шкідливий вплив один на одного;

— все сполучаються виробки повинні проводитися одночасно до відстані від сполучення, що виключає шкідливий вплив їх прохідницьких вибоїв на сполучення.

Вибір раціонального розташування виробок, способів їх охорони, типу і параметрів кріплення здійснюється в такій черговості:

— вибираються найбільш прийнятні за умовами експлуатації схеми розташування магістральних виробок в товщі порід;

— диференційовано по ділянках, розташування виробок визначається розрахункова міцність порід, що вміщують;

— знаходяться відстані між виробками і параметри захисту їх від шкідливого впливу очисних робіт;

— визначаються розрахункові максимальні зміщення порід на контурі (в покрівлі, підшві, боках і по нормалі до нашарування) незакріпленої виробки або закріпленої кріпленням з мінімальним опором P , практично не впливає на зменшення зсувів.

За величиною розрахункового максимального зсуву на контурі виробки породи поділяються на такі категорії стійкості:

стійкі	<50 мм
середній стійкості	50-200 мм
нестійкі	200-500 мм
вельми нестійкі	>500 мм

— для кожної ділянки виробки, що характеризується певною категорією стійкості порід, вибираються раціональні в цих умовах типи кріплення [3]:

— для монолітних бетонних, залізобетонних та збірних типів кріплення визначаються технологічні (місце установки кріплення щодо прохідницького вибою, розмір забутовки, необхідність тампонажних робіт або цементації і ін.) і конструктивні (товщина кріплення, щільність установки рам, марка бетону, величина піддатливості кріплення й ін.) параметри, що забезпечують безремонтне підтримання виробки;

— остаточні параметри виробок (розміри їх начорно і в світлі, витрата матеріалів і т. п.), а в разі застосування металевої піддатливого або штангового кріплення і конструктивні параметри кріплення (крок рам, тип спецпрофіля, щільність і глибина анкерування) приймаються відповідно до діючих типовими проектами;

— з урахуванням техніко-економічних показників спорудження виробок приймається остаточний варіант їх розташування і кріплення.

3.2 Визначення розрахункової міцності порід

Як характеристика середовища прийнята межа міцності породи на стиск R_c «в шматку».

При випробуваннях порід повинні бути вивчені властивості всіх шарів потужністю понад 0,5 м, що перетинаються виробкою:

- в покрівлі на висоту, рівну 1,5 ширини виробки;
- в боках на висоту виробки;
- в підшві на глибину, що дорівнює ширині виробки.

При проведенні виробки по породах з межами міцності, що відрізняються не більше ніж на 20%, розрахунок проводиться за мінімальним значенням R_c .

Для неоднорідного шаруватого середовища з межами міцності на стиск, що відрізняються за величиною більш ніж на 20%, розрахунок

проводиться за наведеною міцністю на стиск R_c окремо для покрівлі, боків і підосви.

При розрахунку межа міцності порід R_c , що вміщують виробку, враховуються всі шари, які перетинаються виробкою, та потрапляють в область, яка обмежена лініями на відстані від виробки у покрівлі $m_k = 1,5 \cdot B$, в підосві - $m_n = 1,0 \cdot B$ і боках - $m_o = 1,0 \cdot B$ (де B і h - відповідно, ширина і висота виробки).

З урахуванням порушеності і обводнення міцність порід покрівлі, підосви і боків розраховується за формулою [4]

$$R_c = \frac{k_c k_w (\sum R_i m_i)}{\sum m_i}, \quad (3.1)$$

де k_c – коефіцієнт структурного ослаблення масиву гірських порід (табл. 3.1, 3.2); k_w – коефіцієнт, що враховує обводненість порід; R_i – міцність i -го шару порід, МПа; m_i – потужність i -го шару порід, м.

Таблиця 3.1 Величина коефіцієнта структурного ослаблення порід в масиві для порід з $R > 30$ МПа

Вихід керн з відстанню між розломами, м	Величина коефіцієнта K_c , од.
понад 1	0,9
0,5-1	0,8
0,3-0,5	0,6
0,1-0,3	0,4
Уламки і дрібнички до 0,1	0,2

Таблиця 3.2 - Величина коефіцієнта структурного ослаблення порід в масиві для порід з $R < 30$ МПа

Характеристика місця розташування виробки	Величина коефіцієнта K_c
Поза плікативних порушень з радіусом менше 300 м і поза зоною диз'юнктивного порушень на відстані від них більше 4 нормальних амплітуд порушень	0,9
У плікативних порушеннях з радіусом менше 300 м або в зоні впливу диз'юнктивних порушень на відстані від нього від 1 до 4 нормальних амплітуд порушень	0,6
Безпосередньо в диз'юнктивному порушенні на відстані від нього до 1 нормальної амплітуди	0,3

Розрахуємо середній опір порід по контуру штреку – R_c і те саме для покрівлі та підосви – R_k, R_n (рис. 3.1).

$$R_{ck} = \frac{1,0 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot 9,3 + 1,0 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot 2,63 + 1,0 \cdot 0,8 \cdot 50 \cdot 2,0}{4,63 + 9,3} = 49,0 \text{ МПа}$$

$$R_{cn} = \frac{1,0 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot 2,63 + 1,0 \cdot 0,8 \cdot 50 \cdot 2,0 + 1,0 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot 6,2}{4,63 + 6,2} = 53,0 \text{ МПа}$$

$$R_{cb} = \frac{1,0 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot 2,63 + 1,0 \cdot 0,8 \cdot 50 \cdot 2,0}{4,63} = 49,1 \text{ МПа}$$

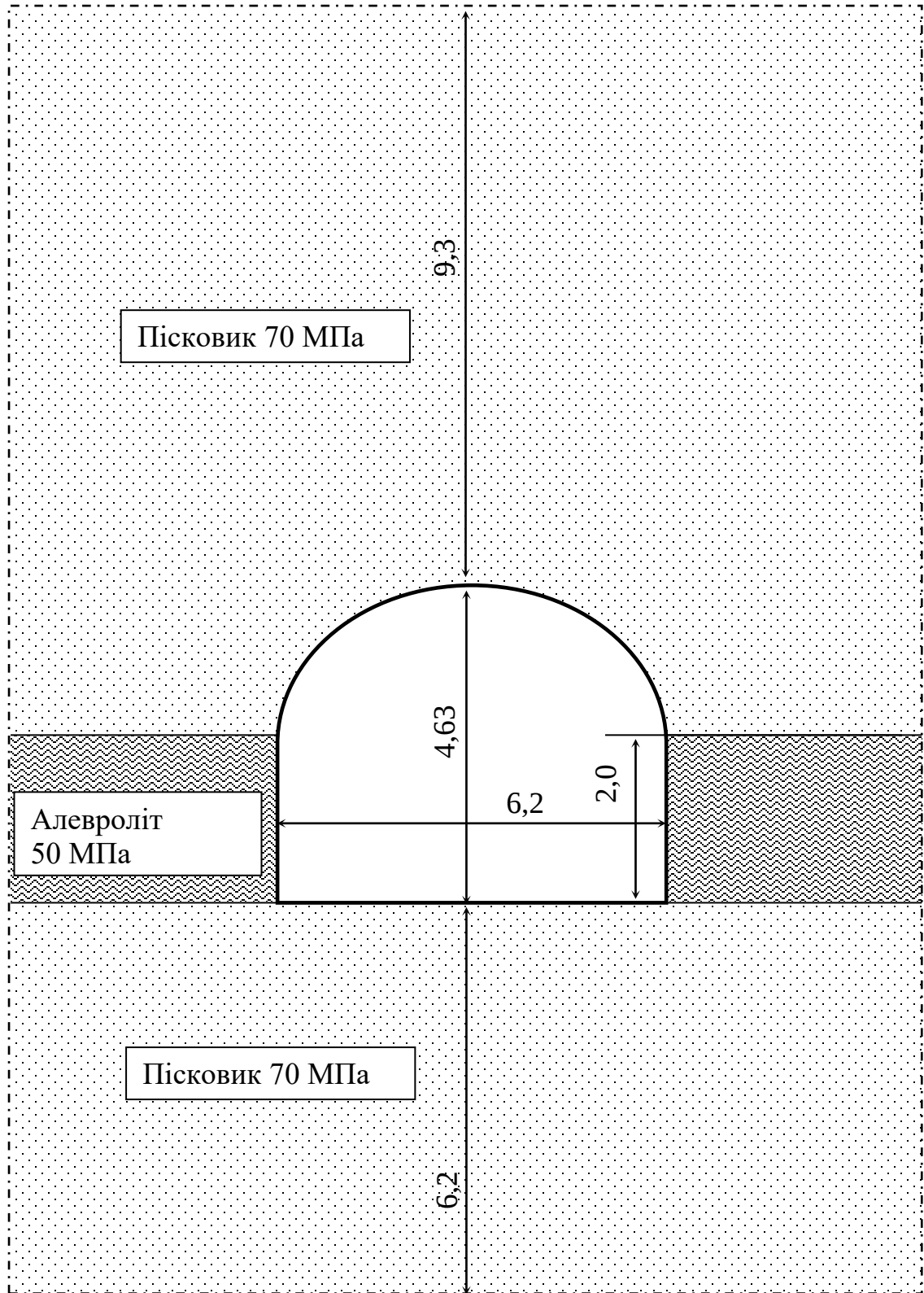


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку середньозваженої міцності порід

Різниця між розрахунковими міцностями не перевищує 20 %, тому

$$R_c = \frac{49,0 + 53,0 + 49,1}{3} = 50,4 \text{ МПа}.$$

З розрахунків випливає, що бічні породи відносяться до класу - середньостійкі; виходячи з критерію $\frac{H}{R_{сж.п.}} = \frac{1200}{53} = 23 > 15$ підосва відноситься до таких, що здимаються.

3.3 Прогноз зміщень порід на контурі гірничої виробки, яка пройдена в недоторканному масиві

Зміщення порід контуру магістрального польового штреку при розташуванні його у недоторканому масиві визначається з виразу [5]

$$U = k_{\alpha} k_{\theta} k_s k_B k_t U_T, \quad (3.2)$$

де k_{α} – коефіцієнт впливу кута залягання порід і напрямку проходки, од. (табл. 3.3); k_{θ} – коефіцієнт напрямку зсувів порід (приймається: при оцінці зсувів порід покрівлі або підосви $k_{\theta}=1$; при розрахунку бічних зсувів з таблиці 3.3); k_s – коефіцієнт впливу розміру виробки, од.

$$k_s = 0,2 \times (b - 1), \quad (3.3)$$

b – ширина виробки вчорні, м; k_B – коефіцієнт впливу інших виробок, од. (для одиночної виробки $k_B=1$, для паралельних $k_B = k_L \times (B + b)/L$, де b , B – ширина кожної виробки (м), L – відстань між боками виробок (м), k_L – коефіцієнт впливу сусідньої виробки (табл. 3.4); k_t – коефіцієнт впливу часу існування виробки, од. (при $t \geq 15$ років – $k_t=1$, при $t < 15$ років визначається з

Таблиця 3.3 Значення коефіцієнтів впливу кута падіння порід і напрямку проходки, і напрямку зсувів порід

Напрямок проходки виробки	Значення коефіцієнтів k_α / k_θ при різних кутах залягання порід або основних площин тріщинуватості					
	до 20°	30°	40°	50°	60°	$>70^\circ$
По простяганню	<u>1,00</u> 0,35	<u>0,95</u> 0,55	<u>0,80</u> 0,80	<u>0,65</u> 1,20	<u>0,60</u> 1,70	<u>0,60</u> 2,25
Вхрест простягання	<u>0,70</u> 0,55	<u>0,60</u> 0,80	<u>0,45</u> 0,95	<u>0,25</u> 0,95	<u>0,20</u> 0,80	<u>0,15</u> 0,55
Під кутом до простягання	<u>0,85</u> 0,45	<u>0,80</u> 0,65	<u>0,65</u> 0,90	<u>0,45</u> 1,05	<u>0,35</u> 1,10	<u>0,35</u> 0,95

Таблиця 3.4– Значення коефіцієнта впливу сусідніх виробок

Глибина розташування виробки H_p , м	Значення коефіцієнту k_L при опорі стиску, МПа $\left(\begin{array}{l} \alpha \leq 35^\circ \\ \alpha > 35^\circ \end{array} \right)$							
	для горизонтальних виробок, які пройдені по простяганню і похилих виробок				для горизонтальних виробок, які пройдені вхрест простягання			
	30	60	90	120	30	60	90	120
<300	<u>3,5</u> 2,0	<u>1,8</u> 1,6	<u>1,5</u> 1,3	<u>1,2</u> 1,0	1,8	1,5	1,2	1,0
300-600	<u>4,0</u> 2,5	<u>2,0</u> 1,8	<u>1,7</u> 1,5	<u>1,4</u> 1,2	2,2	1,8	1,5	1,2
600-900	<u>4,5</u> 3,0	<u>2,5</u> 2,1	<u>2,0</u> 1,7	<u>1,6</u> 1,4	2,6	2,1	1,7	1,4
900-1200	<u>5,0</u> 3,5	<u>3,5</u> 3,0	<u>2,5</u> 1,2	<u>1,8</u> 1,6	3,0	2,5	2,0	1,5
>1200	<u>5,5</u> 4,0	<u>4,0</u> 3,5	<u>3,0</u> 2,3	<u>2,0</u> 1,8	3,4	2,9	2,4	1,7

рисунка 3.2; U_T – типове зміщення порід (мм), яке визначається з рисунка 3.3 в залежності від розрахункового опору порід одноосьовому стиску R_{cm} . і розрахункової глибини розташування виробки H_p

$$H_p = kH, \quad (3.4)$$

де H – проектна глибина виробки, м; k – коефіцієнт, що враховує напружений стан товщі порід в порівнянні з напруженням власної ваги γH ; для звичайних гірничо-геологічних умов $k=1$; для районів, схильних до рухів земної кори в зонах тектонічних порушень, а також при відсутності експериментальних даних $k=1,5$.

k_t од.

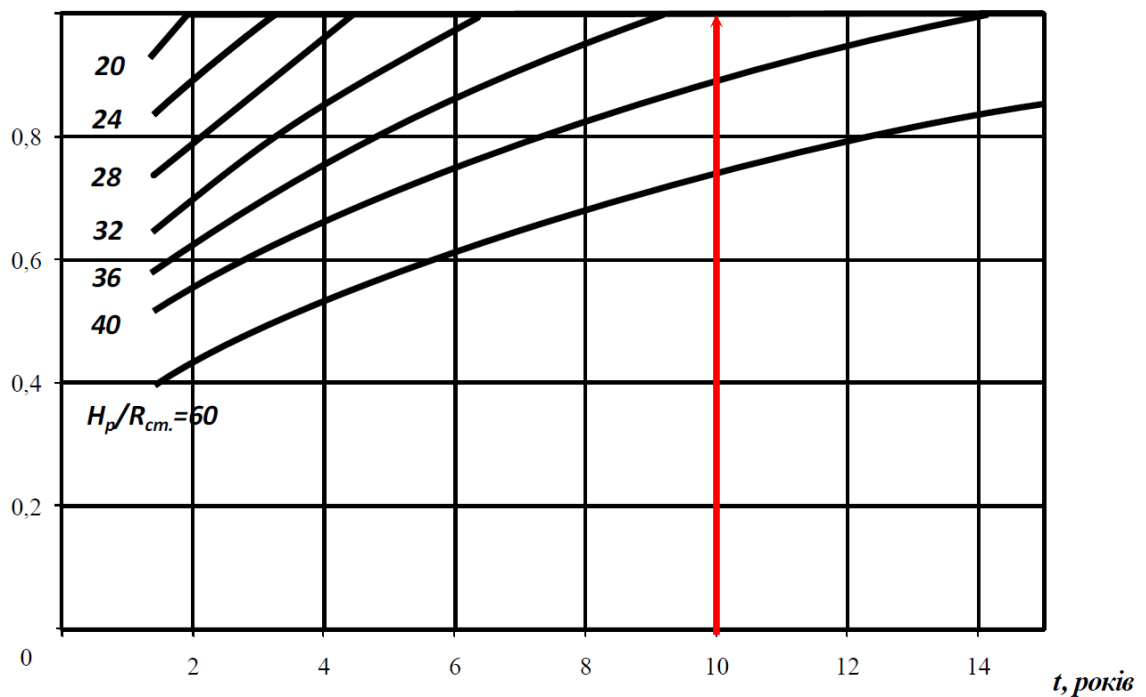


Рисунок 3.2– Графік залежності коефіцієнта k_t від часу зведення кріплення при різному співвідношенні H_p/R_{cm} .

З вищенаведених виразів та рисунків отримаємо:

$$H_p = 1,0 \cdot 1200 = 1200 \text{ м},$$

$$k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2) / 20 = 3,224,$$

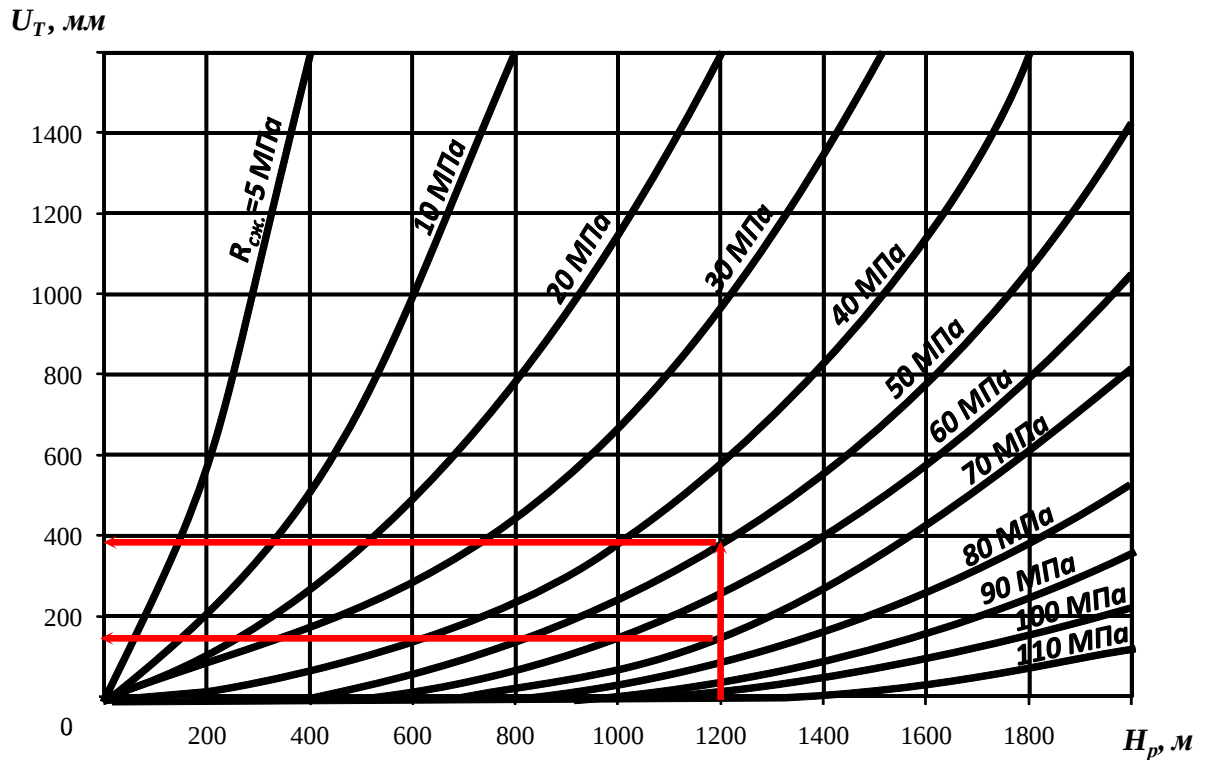


Рисунок 3.3– Графік залежності типових зміщень U_T від розрахункової глибини розташування виробки H_p при різному R_{cm} .

$$k_s = 0,2 \times (6,2 - 1) = 1,04,$$

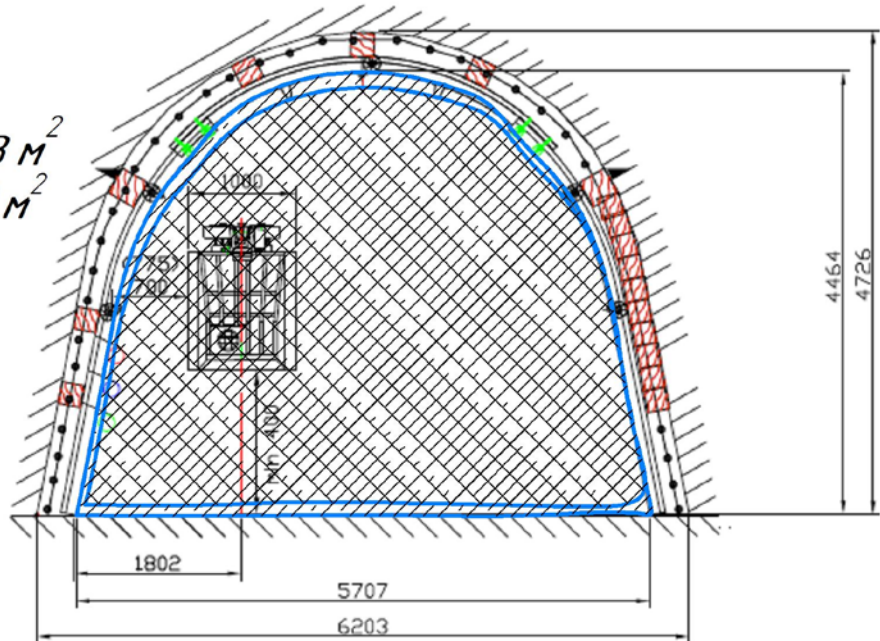
$$U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 3,224 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,47 \text{ м.}$$

Отримані зміщення перевищують конструктивну піддатливість кріплення КШПУ-20,3 по замкам (0,3 м). За величиною зміщень виробка відноситься до категорії нестійких (III категорія), оскільки $U > 0,2$ м [5]. Крім того не треба забувати, що породи підосви схильні до здимання. Оскільки зміщення порід покрівлі, підосви та боків у магістральних виробках визначаються диференційовано та, враховуючи, що міцність порід покрівлі та підосви майже однакова, то зміщення порід підосви також будуть 0,47 м. Таким чином, загальна конвергенція порід покрівлі та підосви складе 0,94 м (рис. 3.4).

А/

$$S_{\text{проект}} = 20,3 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{експл.}} = 18,7 \text{ м}^2$$



Б/

$$S_{\text{проект}} = 20,3 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{експл.}} = 15,0 \text{ м}^2$$

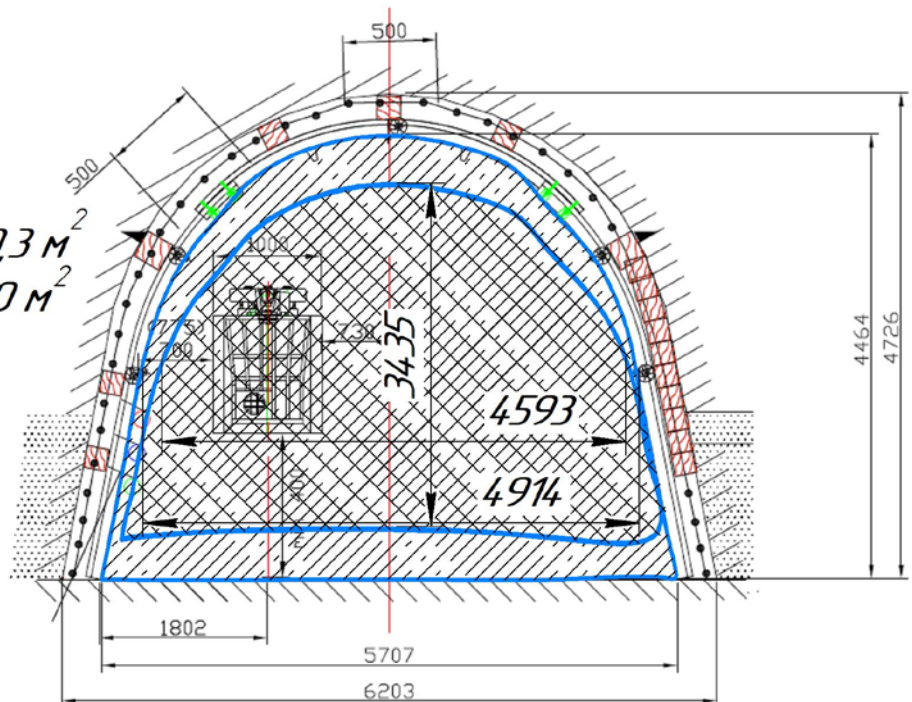


Рисунок 3.4— Загальний вигляд перетинів виробки після зміщень контура при розташуванні її у шарі пісковика (А) та при перетині шару алевроліту (Б)

Треба відзначити, що дані зміщення були розраховані для найгірших умов, коли штрек перетинає шар алевроліту. На окремих ділянках виробка буде проводитись у шарі пісковика міцністю 70 МПа. Тоді зміщення будуть меншими та дорівнювати

$$k_B = 3,5 \times (6,2 + 6,2) / 20 = 2,17,$$

$$U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 2,17 \cdot 1,0 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ м.}$$

При таких зміщеннях перетину виробки 20,3 м² було б достатньо для її безремонтного підтримання (рис. 3.4), але перевищення зміщеннями покрівлі піддатливості кріплення на ділянці перетину шару аргіліту потребує додаткових заходів або зміни рішень щодо параметрів виробки та місця її розміщення відносно шарів навколишніх порід.

4 ПОШУК ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОХОРОНИ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК

4.1 Вивчення досвіду охорони капітальних виробок у складних гірничо-геологічних умовах

У виробках, які віднесені до III категорії стійкості, рекомендуються [5]:

- блочні та тюбінгові кріплення з піддатливими прокладками;
- монолітне бетонне кріплення з установкою тимчасового кріплення у вибою зі спорудженням постійного монолітного кріплення з відставанням у часі 40-60 діб на відстані від вибою не менше 30 м;
- металеве піддатливе кріплення у комбінації зі зміцненням порід покрівлі анкерами.

У таких виробках при зміщеннях підосви від 200 до 500 мм потрібно застосовувати кріплення без зворотного склепіння з заходами зміцнення підосви анкерами або іншими способами [5]. Але для магістральних штреків гор. 950 м зміщення порід покрівлі від 0,12 до 0,47 м не є критичними та не потребують зменшення, оскільки у цих виробках використовуються підвісні транспортні засоби. Тобто дані зміщення припустимі у цих виробках, які проводяться завищеним перетином. Таким чином, є необхідність у пошуку шляхів зменшення зміщень порід покрівлі у цих виробках і тільки на ділянках перетину шару алевроліту.

Згідно вище наведених рекомендацій для умов, які розглядаються, найбільш доцільним є металеве піддатливе кріплення у комбінації зі зміцненням порід покрівлі анкерами. Але остаточне рішення необхідно приймати після детального аналізу та техніко-економічних розрахунків.

Аналіз досвіду застосування різних типів кріплення дозволяє зробити наступні висновки [6]:

- в складних гірничо-геологічних умовах традиційні монолітні бетонні кріплення малоефективні - бетон, зміцнюючись утворює практично жорстку конструкцію в період інтенсивних зміщень контуру виробки. Внаслідок неможливості протидіяти зсувам монолітне бетонне кріплення руйнується, про що свідчить той факт, що близько 40% виробок закріплених в складних умовах даним кріпленням значною мірою деформовані. Істотно краще веде себе жорстке кріплення, встановлене з відставанням від вибою, коли реалізувалася частина пластичних деформацій приконтурного масиву. При цьому, чим з великим відставанням зводилося кріплення, тим менше воно деформується при подальшій експлуатації.

- використання металевого кріплення також не відповідає вимогам, що пред'являються: мала механізація процесу зведення кріплення; в складних гірничо-геологічних умовах металеве аорчне кріплення не створює контактного підпору по всьому периметру породного оголення, вичерпує свої можливості, як несучої конструкції; має великий аеродинамічний опір; має відносно невеликий термін служби. Крім того, для забезпечення стійкості виробки в складних умовах часто потрібне збільшення щільності установки рам, що викликає значне збільшення вартості виробки за рахунок значної металоємності.

- збірне бетонне і з/б кріплення при всіх своїх перевагах, не може забезпечити збереження виробки у складних умовах через неможливість роботи при великих зсувах породного контуру; маючи гарну деформованість за рахунок шарнірів, кріплення вимагає здійснення досить якісної забутовки закріпного простору, а через технологічні особливості це важко забезпечити; рекомендований для збірних кріплень тампонаж, по суті є додатковою бетонної оболонкою, для якої саме кріплення служить опалубкою, і її переваги щодо пристосування до нерівномірності гірського тиску конструкції майже зникає, внаслідок чого вартість значно підвищується; для кожного перерізу виробки необхідний свій типорозмір збірного елемента, що

ускладнює технологію виготовлення і механізацію зведення збірного кріплення.

- анкерне кріплення на даному етапі її розвитку для кріплення капітальних гірничих виробок в складних умовах і тривалим терміном служби може застосовуватися тільки в комбінації, зменшуючи зміщення породного контуру; таке кріплення, як елемента конструкції, дозволяє здешевити і полегшити конструкцію основного кріплення, підвищити її надійність; в умовах застосування двошарового кріплення може виступати як тимчасове кріплення для підвищення стійкості оголень до зведення несучої оболонки, крім того, можливе зменшення товщини м'якого шару при використанні анкерування контуру виробки.

Оскільки існуючі види кріплення не відповідають вимогам для складних гірничо-геологічних умов шахт України, зокрема шахт Донецького басейну, залишається актуальним питання про розробку ефективних конструкцій кріплення капітальних виробок [6].

В капітальних виробках порушення експлуатаційного стану відбуваються здебільшого внаслідок здимання порід підосви виробки та опускання і обрушення покрівлі [7].

На шахтах Західного Донбасу такі порушення мають місце переважно в магістральних штреках і квершлагах (49%) [7]. Застосування традиційних способів підвищення стійкості виробок (підбивка порід підосви, застосування подовжених стояків, утворення компенсаційної щілини в підосві виробки, вибурювання свердловин у боках виробок) не дало суттєвого ефекту для магістральних виробок. Після перекріплювання система порода-кріплення в подальшому не виконує своїх функцій. Порушена порода не сприймає значної частини гірського тиску. Цей тиск передається на поновлене кріплення, яке інтенсивно перевантажується, деформується. Отже, для підвищення стійкості виробки конче необхідно відновити стійкість порушеного першого елемента системи порода-кріплення.

У роботі [7] вказується, що найбільш ефективним є застосування комбінації способів розвантаження виробок від основної частини гірського тиску з подальшим зміцненням порушених прилеглих до них порід. Серед способів розвантаження капітальних виробок на глибоких шахтах як досить ефективні зарекомендували себе попередня і наступна надробка цих виробок очисними вибоями, проведення їх по відробленому простору та проведення паралельних розвантажувальних виробок.

Застосування рамних жорстких і піддатливих кріплень в магістральних виробках незалежно від технології їх проведення пов'язане з виникненням порожнин у закріпному просторі між породним контуром і кріпленням [8]. Наявність пустот, в разі їх незаповнення, призводить до виникнення динамічних навантажень на кріплення, які, згідно з діючими нормами проектування, компенсуються збільшенням її щільності.

Досвід спорудження та експлуатації шахт в складних гірничо-геологічних умовах показує, що найбільший ефект у підвищенні стійкості виробок дають заходи, спрямовані на створення взаємодії системи кріплення-масив, зміцнення і попередження розшарування приконтурних порід: часткового або повного заповнення закріпного простору, глибинне або приконтурне зміцнення масиву в'язкими речовинами або анкерами [9].

Тампонаж широко використовувався при будівництві вугільних шахт Донбасу у 80-і роки. У той період тампонаж називався технологією заповнення закріпного простору піщано-цементними розчинами з одночасним ін'єкційним зміцненням приконтурних породних шарів. В результаті створювалося 3-х шарове кріплення, що включало: зміцнений гірський масив, шар тампонажного каменю і рамне кріплення. Для створення першого шару гірський масив повинен був пройти стадію руйнування [8].

Внаслідок цього, тампонажні роботи велися з досить великим відставанням від вибою зі швидкістю 30 - 50 м / міс. В даний час це не прийнятне, як з технологічної, так і з економічної точок зору [8].

У сучасній, більш технологічною модифікації тампонажу ДТЕК, основний акцент зроблено на заповнення закріпного простору в безпосередній близькості від підготовчого вибою до початку руйнування порід [8].

У новій технології, розробленій за участю лабораторії геомеханіки НГУ, темпи тампонажних робіт збільшені за рахунок таких рішень [8]:

- прискорення пікетажу з/б затягування шляхом застосування методу сухого торкретування і машини АС-1 (технологія торкрет-тампонажу);
- прискорення тампонажних робіт шляхом застосування установок типу ПН-600 різної продуктивності;
- відмова від герметизації ділянок виробки «врубками» на користь багаторазових рукавів.

Для зниження вартості тампонажних робіт планується [8]:

- застосування цементних розчинів на основі шахтної породи;
- застосування більш дешевих і технологічних видів затяжки: об'ємної металевої сітки або сталевих листів (профнастилу);
- застосування технології набризгбетонування по об'ємній металевій сітці;
- застосування підземних мобільних дворівневих дробарок для шахтної породи нового типу Д-2У.

Головним експериментальним полігоном ДТЕК з питань вдосконалення тампонажу є шахта ім. Героїв космосу [8], що має досить великий досвід застосування цієї технології (рис. 4.1).

Широке використання сучасних модифікацій тампонажу закріпного простору на шахтах ДТЕК Енерго дозволить в середньостроковій перспективі істотно (приблизно на 20 -25%) знизити металоємність кріплення магістральних виробок і залишати в шахті до 50 тис. м³ породи на рік [8].

У роботі [9] вказується, що найбільш ефективний спосіб створення системи кріплення-масив - повне заповнення закріпного простору за



Рисунок 4.1 – Стан 1-го західного магістрального конвеєрного штреку гор.
370 м шахти ім. Героїв космосу, проведеного з тампонажем закріпного
простору [8]

допомогою тампонажу сумішами, що твердіють. При цьому в результаті рівномірного розподілу навантаження, усунення шкідливого впливу зосереджених навантажень і перекосу більш раціонально використовується і матеріал самого металевого кріплення, знижується величина згинальних моментів, ефективніше працюють вузли піддатливості, з'являється додатковий несучий шар з затверділого (ущільненого) матеріалу. Кріплення працює не на утримання стійкості порід, а в режимі взаємовпливу з навколишнім масивом. Несуча здатність кріплення в цьому випадку збільшується в кілька разів. Як показав досвід підтримання виробок, в складних гірничо-геологічних умовах шахт України, тампонаж закріпного простору є найбільш радикальним і доступним, а на ряді шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» - єдиним прийнятним засобом збереження виробок в експлуатаційному стані. Заповнення закріпного простору виробок,

закріплених аروحним металевим кріпленням, і використання анкерів для зміцнення бічних порід штреку сприяють зменшенню конвергенції приблизно на 30%, а застосування механізованого заповнення закріпного простору є більш економічним, ніж перекріплення або проходка нової виробки [9].

Форма перетину рамного кріплення також є важливим фактором забезпечення стійкості виробки. Досвід ведення гірничих робіт на «надглибоких» шахтах Донбасу ім. А.Ф. Засядька, ШУ «Покровське» показав високу ефективність застосування так званих овоїдних кріплень II-го технічного рівня, які виготовляються на підприємстві НВЦ «Геомеханіка». [8].

Загальновідомо, що найбільш стійкою формою механічних конструкцій є еліпс. Однак в природі він зустрічається досить рідко. Найчастіше можна бачити близьку до нього форму овоїда або яйця. На рисунку 4.2 представлені дві основні модифікації овоїдного кріплення [8].

Для магістральних виробок оптимальним є 3-ох ланковий варіант - кріплення КМП А3 Р2 з конструктивної піддатливістю 0,7 м, а для дільничних, в тому числі і повторно використовуваних виробок, - 4-х ланкову конструкцію КМП А4 Р2 з піддатливістю 1,0 м [8].

Обидві ці конструкції мають високі значеннями робочого опору (від 400 до 600 кН) і несучої здатності (від 630 до 980 кН). Це приблизно в 1,5-2,0 рази вище, ніж у кріплення КШПУ [8].

В цілому, застосування овоїдного кріплення II-го технічного рівня в поєднанні з посиленими замковими з'єднаннями є досить суттєвим резервом підвищення стійкості магістральних і дільничних виробок, а також важливим напрямком зниження витрат на їх проведення і підтримання [8].

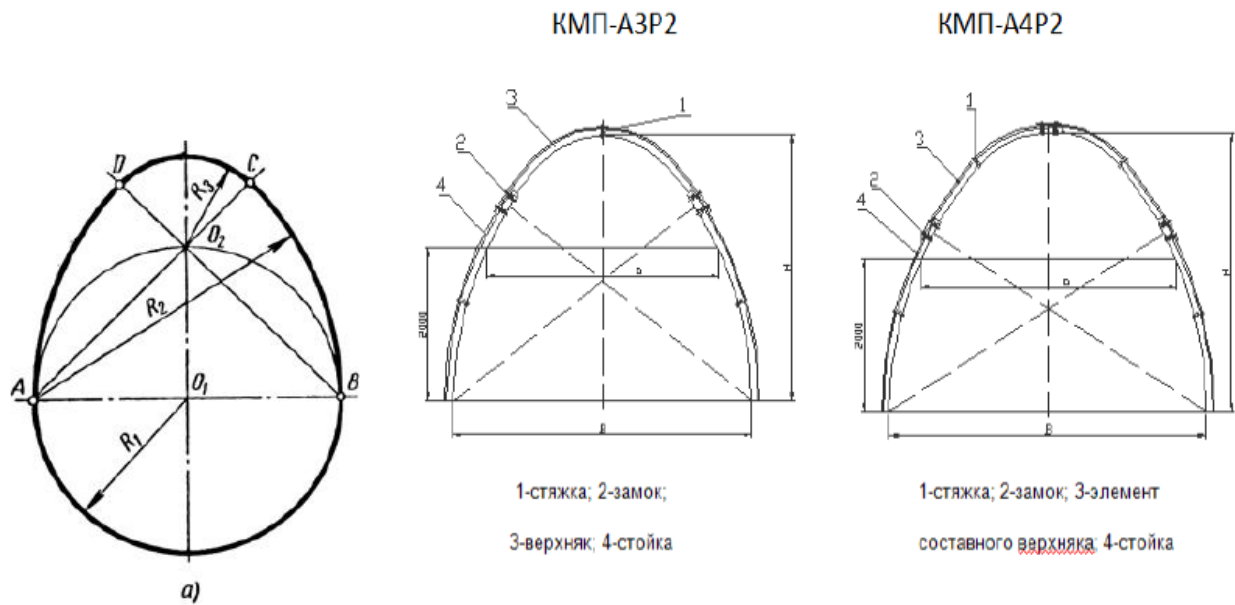


Рисунок 4.2– Форма овоїда (а) і конструкції 2-х радіусних овоїдних кріплень [8]

4.2 Вибір додаткових заходів охорони щодо забезпечення стійкості капітальних виробок

На основі висновків, які були зроблені раніше, та аналізу заходів охорони магістральних виробок для гірничо-геологічних умов польових магістральних штреків гор. 950 м можна рекомендувати застосування піддатливого кріплення по всій довжині виробки з додатковими заходами на ділянці перетину ними шару алевроліту. У якості додаткових заходів може бути анкерування порід покрівлі виробки та тампонаж закріпного простору.

Стосовно використання рамно-анкерного кріплення, то воно вже застосовується на даному підприємстві та, як правило, у підготовчих виробках, що знаходяться у зоні впливу очисних робіт (рис. 4.3). Досвід використання таких кріплень дуже великий не тільки на Ш/У «Покровське», а й на інших вугільних підприємствах України. Зокрема, є досвід застосування в умовах шахт ДТЕК (рис. 4.4) [10].

Анкерне кріплення призначається для кріплення покрівлі і боків гірничих виробок підготовчих, капітальних та очисних вибоїв з метою

Рисунок 4.3– Паспорт рамно-анкерного кріплення дільничного конвеєрного
штреку блоку №10 Ш / У "Покровське"

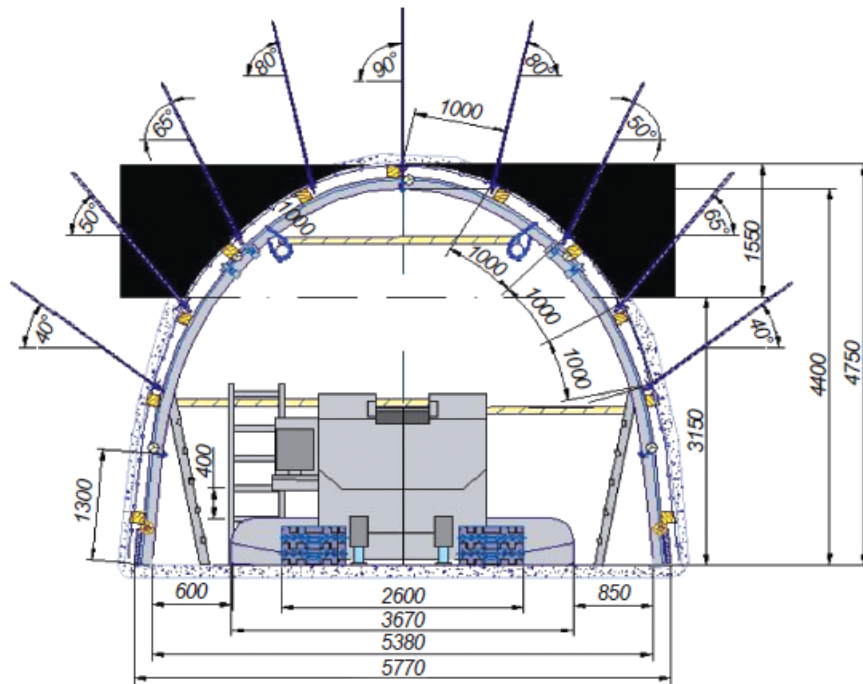


Рисунок 4.4— Паспорт рамно-анкерного кріплення конвеєрного похилу пласта m^1_5 шахти «Добропільська»

підвищення стійкості підтримуваних порід і зменшення деформацій за рахунок збереження зав'язків між шарами [11].

Принцип роботи анкерного кріплення заснований на збільшенні несучої здатності оточуючих виробку гірських порід шляхом скріплення окремих шарів анкерами. При цьому шаруваті породи безпосередньої покрівлі або "пришиваються" до основної покрівлі, або "зшиваються" між собою. У першому випадку необхідно, щоб замок анкера закріплювався в міцних породах основної покрівлі, а при шаруватій покрівлі - в більш міцному з шарів. Таким образом, розрахунок анкерних конструкцій полягає у визначенні несучої здатності анкерів, їхньої довжини, щільності установки і виконується за однією із наступних розрахункових схем [11]:

I - анкер закріплює породи, які розташовані у межах зони можливого обвалення, до стійкої зони породного масиву навколо виробки;

II - анкери зміцнюють шари або структурні елементи породного масиву навколо виробки, формуючи зміцнену зону, що сприймає тиск порід.

Тампонування також має позитивні результати. Та, на нашу думку, до тампонування необхідно прибгати у тому випадку, коли будуть неефективними заходи, які вже апробовані на підприємстві, тому розглянемо варіант з рамно-анкерним кріпленням окремих ділянок. Крім того, зменшення зміщень порід на контурі виробки може бути досягнуте зміною місця розташування виробки, відносно шарів вміщуючих порід та сусідніх виробок. У першому випадку уникнути перетину більш слабкого шару алевроліту не уникнути, оскільки виробка по відношенню до пласта знаходиться углиблюється від 40 до 120 м. Для другого варіанту (рознесення сусідніх виробок) це може бути ефективним рішенням, але при умові економічної доцільності.

4.3 Розрахунок параметрів кріплення магістрального польового штреку

В якості критерію віднесення виробки до відповідної категорії стійкості приймають розрахункову величину максимальних зсувів порід на контурі поперечного перетину за весь термін її служби [11].

Вибір і розрахунок конструктивних параметрів кріплення виробок, розташованих в породах III категорії стійкості, повинен проводитися на основі розрахунку очікуваних максимальних зміщень порід на контурі поперечного перетину за весь термін служби і навантажень на кріплення з урахуванням технології проведення виробок і зведення кріплення [11].

Розрахункове навантаження P на 1м виробки з боку покрівлі і підосви визначається за формулою [11]

$$P = k_n k_h k_{np} b P^H, \quad (4.1)$$

де k_n – коефіцієнт перевантаження, що приймається за таблицею 4.1; k_n – коефіцієнт надійності; k_{np} – коефіцієнт умов проведення виробок, дорівнює при комбайновому способі - з таблиці 4.2; b – ширина виробки вчорні, м; P^n – нормативне навантаження на кріплення, яка визначається за графіками (рис. 4.5) в залежності від зсувів порід і ширини виробки в проходці. При ширині виробки менш 4 м і більше 6 м P^n приймається як для виробок з шириною, відповідно, 4 і 6 м.

Вибір типу спецпрофіля і щільності установки рам металевого піддатливого кріплення рекомендується проводити за величиною розрахункового навантаження. З таблиці 4.3 з урахуванням розмірів ширини виробки або площі її перетину у світлі вибирають тип спецпрофіля і визначають паспортну несучу здатність кріплення N_s на раму.

Таблиця 4.1– Значення коефіцієнта перенавантаження для визначення навантаження на кріплення

Величина зміщення U , мм	Коефіцієнт k_n для виробок	
	головних розкривних	магістральних та інших
до 50	1,25	1,1
50÷200	1,1	1,05
201÷500	1,05	1,0
більше 500	1,0	

Таблиця 4.2– Значення коефіцієнта умов проведення виробок при комбайновому способі проведення виробок

Відношення H_p/R_c	до 16	16÷20	21÷25	більше 25
значення коефіцієнта m_n	0,6	0,8	1,0	1,1

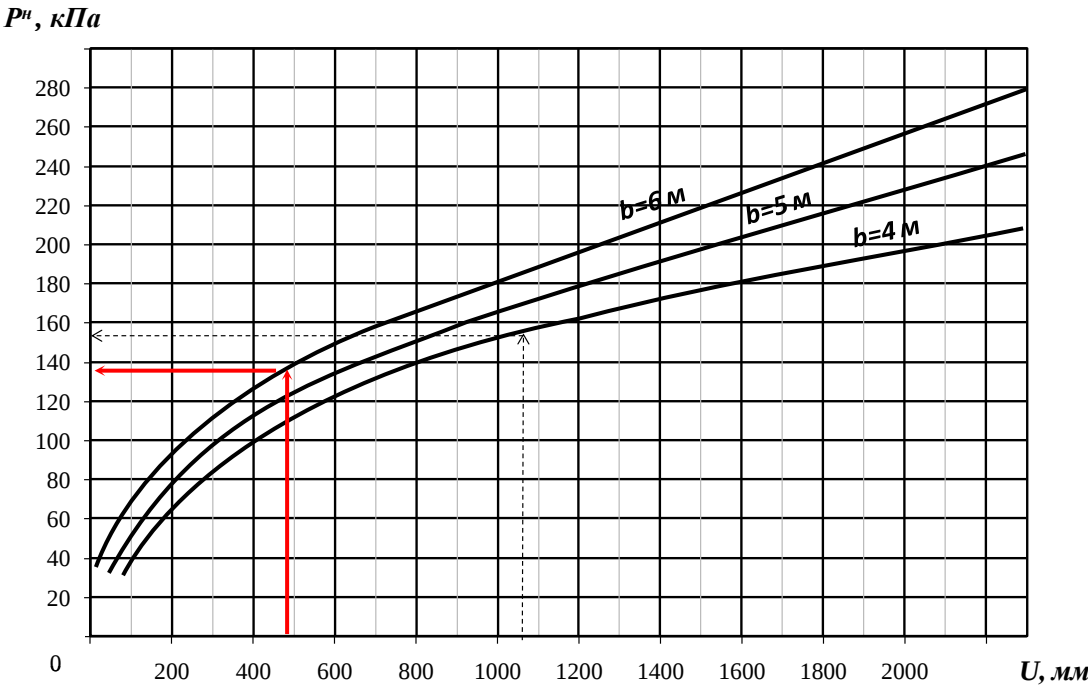


Рисунок 4.5— Графіки для визначення нормативного навантаження на піддатливе кріплення

Таблиця 4.3— Типові параметри виробок і їх кріплень [2, 11]

Перетин виробки в проходці до осідання, м ²	Ширина виробки в проходці, м	Тип спецпрофіля	Несуча здатність кріплення в податливому режимі, кН, в залежності від виду з'єднань елементів кріплення		Максимальна піддатливість, мм	
			прямі, планки і скоби з різьбою	фігурні, планки ЗПК і скоби з різьбленням	верти-кальна	горизон-тальна
Арочне кріплення КМП-А3						
до 10	3,2÷3,8	СВП-17	100	180	300/360	—
10÷15	4,1÷4,7	СВП-22	120	200	300/40	
15,1÷20	5,3÷5,9	СВП-27	140	215	0	
Арочне кріплення КМП-А4						
14÷17	4,7÷5,3	СВП-22	—	200	—/400	—/300
17,1÷20	5,3÷5,9	СВП-27		215		

Продовження табл. 4.3

Перетин виробки в проходці до осідання, м ²	Ширина виробки в проходці, м	Тип спецпрофіля	Несуча здатність кріплення в податливому режимі, кН, в залежності від виду з'єднань елементів кріплення		Максимальна піддатливість, мм	
			прямі, планки і скоби з різьбою	фігурні, планки ЗПК і скоби з різьбленням	вертикальна	горизонтальна
Арочне кріплення КМП-А5						
10÷11	3,8÷4,0	СВП-19	100	190	600, 800, 1000	—
11,1÷14	4,0÷4,7	СВП-22	120	200		
14,1÷16	4,7÷5,0	СВП-27	140	215		
16,1÷21	5,0÷6,2	СВП-33	160	230		
Кільцеве кріплення КМП-К4						
6÷10	2,8÷3,8	СВП-17	100	180	300/300	
10,1÷12	3,8÷4,1	СВП-22	120	200	300/350	
Трапецієподібне прямокутне кріплення КМП-Т(П)						
до 8	до 3,0	СВП-17	—	200	—/600	—
8,1÷10	3,0÷3,8	СВП-22			—/700	
Трапецієподібне прямокутне кріплення КМП-Т(П)з середньою стійкою						
10÷12	3,8÷4,1	СВП-22	—	300	—/700	—
10÷12	3,8÷4,1	СВП-27		400	—/800	
12,1÷15	4,1÷4,7	СВП-22		300	—/700	
12,1÷15	4,1÷4,7	СВП-27		400	—/800	
Шатрове піддатливе подовжене						
9,5	3,87	СВП-22	-	443	300	-
	3,88	СВП-27	-	650	300	-
10,5	4,03	СВП-22	-	451	300	-
20,3	5,7	СВП-27	-	470	300	-
	5,7	СВП-33-		560	300	-

Щільність установки рам кріплення із спецпрофіля на 1 м виробки визначають шляхом ділення розрахункового навантаження P , на несучу здатність N_s кріплення однієї рами [11]

$$n = \frac{P}{N_s}. \quad (4.3)$$

Допускається застосовувати в виробках меншого перетину більш важчі типи спецпрофіля з метою зниження щільності кріплення. У цьому випадку в розрахунок щільності слід вводити і відповідну несучу здатність.

Визначаємо розрахункове навантаження на 1 м виробки

$$P = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 6,2 \cdot 137 = 849,4 \text{ кН/м.}$$

Вибираємо кріплення КШПУ-20,3 з опором $N_s = 470$ кН/арку.

Щільність кріплення

$$n = \frac{849,4}{470} \approx 2 \text{ рами/м.}$$

Тобто прийнята на шахті щільність установки рам в аналогічних виробках, але на менших глибинах відповідає розрахункам.

4.4 Обґрунтування параметрів додаткових заходів охорони виробок

Оскільки щільність установки кріплення більше 1 рами/м, а також одним з заходів зменшення зміщень є додаткове анкерування покрівлі, то податливість кріплення може прийматися менше очікуваних зміщень порід покрівлі з умови

$$\Delta \geq k_{oc} k_{анк} k_{ус} U_{кр}, \quad (4.4)$$

де k_{oc} , $k_{анк}$, $k_{ус}$ – коефіцієнти залежно від щільності установки рамного, анкерного кріплення або кріплення посилення (табл. 4.4).

Тоді з (4.4) впливає:

- при щільності кріплення 2 рами/м

$$\Delta \geq 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,49 = 0,34 \text{ м;}$$

Таблиця 4.4– Типові параметри виробок і їх кріплень

Основне кріплення		Анкерне кріплення		Кріплення посилення	
щільність установки кріплення n , рам/м	k_{oc}	щільність установки анкерів, анкер/м ²	$k_{анк}$	щільність установки стійок n_1 , стійка/м	k_{yc}
$\leq 1,0$	1,0	–	1,0	–	1,0
1,25	0,9	0,8	0,9	0,5	0,9
1,5	0,85	1,0	0,8	0,8	0,8
1,75	0,78	1,25	0,7	1,0	0,7
2,0	0,7	1,35	0,65	1,25	0,65
2,25	0,65	1,5	0,6	1,5	0,62
2,5	0,6	1,75	0,55	1,75	0,61
2,75	0,55	2,0	0,5	2,0	0,6
3,0	0,5	–	–	2,5	0,55
–	–	–	–	3,0	0,5

- при щільності кріплення 2 рами/м та анкеруванні з щільністю 1 анкер/м²

$$\Delta \geq 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,49 = 0,27 \text{ м.}$$

Тобто в останньому випадку виконується умова (4.4) й може бути забезпечений експлуатаційний стан виробки. Для першого випадку необхідний розрахунок анкерного кріплення покрівлі виробки, який наведено нижче.

Відношення діаметра стрижня до діаметру шпурі і ампул визначається за формулою

$$d_c / (d_{ск} - d_a) = 24 / (28 - 24) = 6.$$

де d_c - діаметр стержня, мм; $d_{ск}$ - діаметр свердловини, мм; d_a - діаметр ампули, мм.

Несуча здатність залізобетонного і сталеполімерного анкерів визначається опором розриву арматурного стержня у найбільш ослабленому поперечному перерізі, міцністю його закріплення у бетонній або у полімербетонній пробці та опором її зсуву відносно стінок шпуру [11].

Несуча здатність анкера по опору розриву [11]

$$P_c = F_c R_s, \text{ кН}, \quad (4.5)$$

де F_c – площа найбільш ослабленого поперечного перерізу стержня, м^2 ; R_s – розрахунковий опір матеріалу анкера розтягання для граничного стану першої групи, кПа .

З умови міцності закріплення стержня у бетоні несуча здатність анкера [11]

$$P_z = \pi d_c l_z \tau_a K_l, \text{ кН}, \quad (4.6)$$

де d_c – діаметр стержня анкера, м ; l_z – глибина закладення стержня у бетоні, м ; τ_a – питомий опір зсуву стержня відносно бетону, кПа ; K_l – поправочний коефіцієнт на довжину закладення анкера (табл. 4.5).

Таблиця 4.5- Визначення значень поправочного коефіцієнта K_l

Довжина закладення $l_z, \text{м}$	Поправочний коефіцієнт K_l	
	при цементному бетоні	при полімер бетоні
0,1	1,0	1,0
0,2	0,65	0,75
0,25	0,62	0,72
0,3	0,58	0,68
0,4	0,55	0,65

Міцність закріплення анкера з умови його нерухомості відносно стінок шпуру [11]

$$P_{cd} = \pi d_u \tau_{cd} l_z, \text{ кН}, \quad (4.7)$$

де d_u - діаметр шпуру, м; τ_{cd} - питомий опір зсуву бетону або полімербетона відносно стін шпура.

Нормативне значення несучої здатності залізобетонних і сталеполімерних анкерів P_n приймається як менше із трьох значень, отриманих з (5.1)-(5.3). Для раціонального використання матеріалу стержня анкера варто підібрати глибину закладення стержня анкера у бетоні таку, щоб забезпечити умову $P_{cd} \geq P_z \geq P_c$.

Глибина закладення замка анкера у стійку зону перевіряється з умови виривання породи по конусу, який утворює кут 45° [11]

$$l_z = 0,67 \sqrt{\frac{P_n}{R_p}}, \text{ м}, \quad (4.8)$$

де P_n - нормативна несуча здатність анкера, кН; R_p - розрахунковий опір породи розриву, кПа.

При розрахунку анкерного кріплення за 1-ою розрахунковою схемою довжина анкера [11]

$$l_c = b + l_z + l_n, \text{ м}, \quad (4.9)$$

де b - глибина зони можливого обвалення порід, м; l_n - довжина виступаючої зі шпуру частини анкера, що залежить від її конструкції і товщини опорно-підтримуючих елементів ($l_n=0,05\dots0,2$ м).

Глибина зони можливого обвалення порід може бути розрахована з виразу [11]

$$b = \frac{B}{3,2} \left(7,4 \frac{\gamma H}{R_{cm}} - 0,25 \right), \text{ м.} \quad (4.10)$$

Щільність розміщення анкерів визначається за умови навантаження на кріплення, яке дорівнює вазі відшарованих порід, з виразу [11]

$$\Pi_a = \frac{b\gamma\Pi_n K_n}{P_n m_y}, \text{ м}^2, \quad (4.11)$$

де Π_n - коефіцієнт перевантаження (визначається у таблиці 4.6 у залежності від типу виробок та величини зміщень порід на контурі); K_n - коефіцієнт надійності (для головних розкривних виробок $K_n=1,1$; для інших $K_n=1,0$); m_y - коефіцієнт умов роботи ($m_y=0,8\dots1,0$).

Відстань між анкерами визначається за формулою [11]

$$a = \frac{1}{\sqrt{\Pi_a}}, \text{ м}^2. \quad (4.12)$$

Таблиця 4.6- Визначення коефіцієнта перевантаження Π_n

Розрахункові зміщення U , мм	Коефіцієнт перевантаження Π_n	
	Головні розкривні виробки	Магістральні та інші виробки
до 50	1,25	1,10
від 51 до 200	1,10	1,05
від 201 до 500	1,05	1,00
понад 500	1,00	1,00

Згідно методики, яка наведена у роботі [11], де наведені вирази (4.5)-(4.12) для розрахунку анкерного кріплення, визначимо їх. Тоді:

$$P_c = 0,00018997 \cdot 225 = 42,74 \text{ кН},$$

$$P_z = 3,14 \cdot 0,024 \cdot 0,3 \cdot 4800 \cdot 0,68 = 73,79 \text{ кН},$$

$$P_{cd} = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 3000 \cdot 0,3 = 79,12 \text{ кН},$$

$$79,12 > 73,79 > 42,74 \text{ (умова } P_{cd} \geq P_3 \geq P_c \text{ виконується).}$$

Глибина закладення замка анкера з виразу (4.8)

$$l_3 = 0,67 \sqrt{\frac{42,74}{7}} = 1,6 \text{ м},$$

глибина зони можливого обвалення порід

$$b = \frac{B}{3,2} \left(7,4 \frac{\gamma H}{R_{cm}} - 0,25 \right) \text{ м}$$

$$b = \frac{6,2}{3,2} \cdot \left(7,4 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot 1200}{70} - 0,25 \right) = 5,9$$

та довжина анкера з (4.9) – $l_c = 5,9 + 1,6 + 0,05 = 7,55 \text{ м}.$

Щільність розміщення анкерів з (4.11)

$$\Pi_a = \frac{5,9 \cdot 26 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{42,74 \cdot 0,9} = 3,6 \text{ анк./м}^2,$$

а відстань між анкерами – $a = \frac{1}{\sqrt{3,6}} = 0,52 \text{ м}.$ Тому кількість анкерів у

покрівлі від кожної рами складе $3,1/0,52 = 6 \text{ шт./раму}.$

Розглянемо необхідність кріплення анкерами боків виробки.

Приймаємо коефіцієнт концентрації напружень у боках $K_\epsilon = 1,5$, коефіцієнт посилення напружень від інших виразників - $K_{\epsilon l} = 1,0$, коефіцієнт збільшення посилення напружень у боках при розподілі виробки у зоні впливу очисних робіт – $K_o = 1,0$.

Відносна напруженість боків σ_ϵ визначиться за формулою:

$$\sigma_\epsilon = \frac{K_\epsilon \cdot K_{\epsilon l} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot H}{R_c^{\text{бок}}}, \quad (4.13)$$

$$\sigma_\epsilon = \frac{1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,026 \cdot 1200}{50,4} = 0,93 \text{ МПа}$$

Оскільки $\sigma_6 < 1,0$ немає необхідності кріплення анкерами боків виробки.

Для кріплення покрівлі приймаємо канатні анкери довжиною 7,55 м (рис. 4.6).

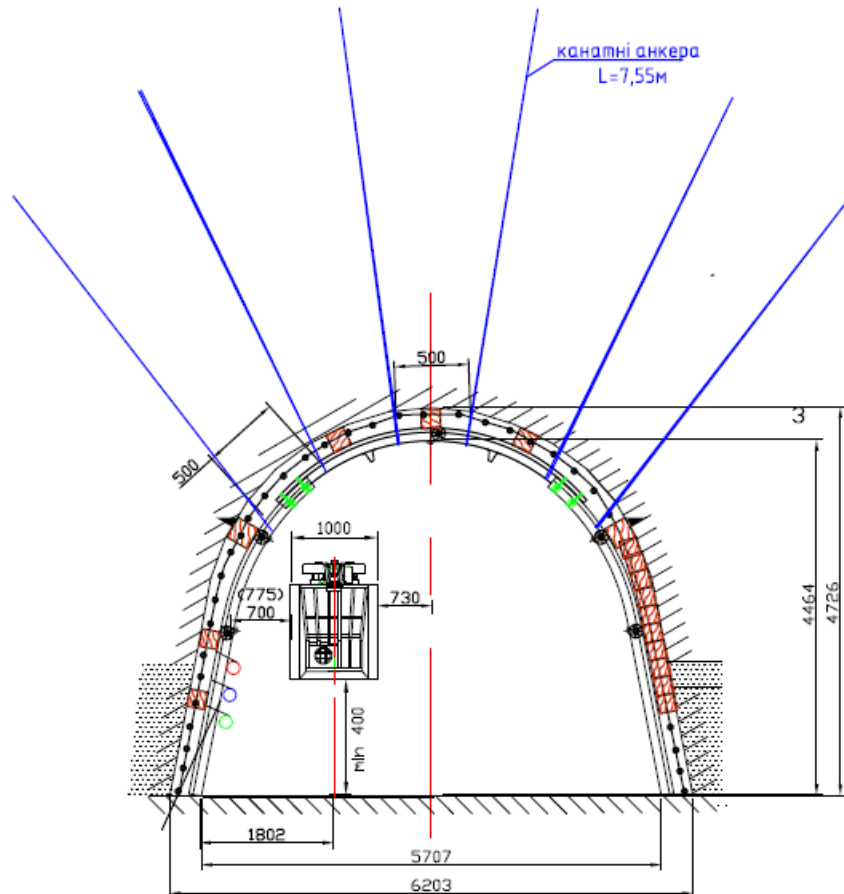


Рисунок 4.6– Паспорт рамно-анкерного кріплення магістрального польового штреку гор. 1250 м

Процес проведення магістрального штреку складається з наступних технологічних операцій:

- огляд вибою і приведення робочого місця в безпечний стан;
- руйнування вибою комбайном, навантаження гірської маси на конвеєр;
- транспортування гірської маси по штреку і прилеглим виробках;
- кріплення виробки;

- доставка до вибою елементів кріплення, лісоматеріалів, ланцюгів, труб тощо;
- нарощування конвеєра, вентиляційних труб, пожежно-зрошувального трубопроводу;
- профілактичний ремонт комбайна КСП-43 і іншого устаткування.

На комбайні МГВМ перевіряє:

- наявність і міцність кріплення зубків на ріжучій частини виконавчого органу;
- працездатність КСП-43;
- справність засобів зрошення;
- болтове з'єднання виконавчого органу та поворотної частини;
- натяг скребкового і гусеничного ланцюгів;
- рівень мастила в маслосистемі;
- роботу передпускової сигналізації, захистів і т.д.

Прохідники здійснюють зачистку виробки у пункт завантаження породи на конвеєр, поправляють затяжку виробки в вибої, обтягують гайки анкерного кріплення і сполучних замків кріплення на останніх 10-15 м. Надалі вони підтягуються в міру ослаблення.

Машиніст комбайна подає сигнал на включення комбайна і разом з помічником починає відбійку гірської маси із вибою.

Обробка вибою проводиться горизонтальним різом. При зміні гірничо-геологічних умов машиніст гірничовиймальних машин може застосовувати вертикальний різ.

Управління гідроциліндрами підйому, повороту та механізму телескопа виконавчого органу, підйому живильника, опорного пристрою, підйому і повороту конвеєра здійснюється за допомогою рукояток гідроблока комбайна.

Для виключення торкання ріжучої частиною виконавчого органу лап навантажувального пристрою, обробка підшви під кріплення здійснюється

при опущеному живильнику.

Відбита виконавчим органом гірська маса захоплюється лапами навантажувального пристрою і вантажиться на перевантажувач КСП-43, далі перевантажується на конвеєр.

Під час роботи комбайна інші робочі займаються підношенням до вибою від місця складування кріпильних матеріалів у кількості, необхідній для кріплення вибою.

Після виймання та відвантаження гірської маси комбайн відганяється на величину не менше 3 м, зупиняється, відключається і блокується його пускач.

Проводиться кріплення виробки в наступному порядку:

1. З під захисту останньої рами КШПУ-20,3 проводиться оборка порід покрівлі і боків від навислих і відшарувалися шматків породи. Оббирання здійснює найбільш досвідчений робочий за допомогою поддіра $L \geq 2,0$ м;

2. Від місця складування у вибій підноситься комплект кріпильних матеріалів, в кількості, необхідній для кріплення одного ряду анкерів, тимчасова кріплення, бурильне обладнання та буровий інструмент. Спочатку навішується ґратчаста затяжка (РЗ). Підхватами тимчасового кріплення РЗ притискається до покрівлі і під підхоплення встановлюють рудстійку.

3. Двоє робітників, під захистом тимчасового кріплення, попередньо зробивши розмітку, буровою установкою здійснюють буріння шпурів $\varnothing 28$ мм $L = 7550$ мм в покрівлю виробки на відстані 400 мм від рами кріплення КШПУ-20,3. Всі шпури буряться з однієї точки. У шпур, вручну заводяться три ампули з поліефірною смолою (верхня ампула прискорена $L = 300$ мм і 2 ампули нормальні $L = 600$ мм), а потім заводиться анкер. За допомогою анкера, одним кінцем заведеного в шпур, а іншим кінцем встановленого через адаптер в шпindel бурового верстата проводиться перемішування компонентів поліефірних ампул. Обертанням анкер подається до дна шпуру, здійснюючи тим самим перемішування компонентів ампули впродовж 30 ÷

45 секунд. Анкер необхідно утримувати верстатом в шпурі до повного затвердіння складу ампул. Час повного затвердіння складу ампул (час утримання анкера після закінчення перемішування) $60 \div 90$ секунд (вказується на упаковці і залежить від температури). Час установки анкера має бути не більше 8 хвилин;

4. Після кріплення одного ряду анкерів здійснюється демонтаж тимчасового кріплення. Бурильне обладнання та буровий інструмент видаляється з привибійного простору. Компресорна станція відключається від електроживлення.

5. Після цього проводиться установка рами аркового кріплення. Зведення кріплення у вибої виконується при зупиненому комбайні. Вибій повинен бути обібраний від навислих шматків породи по покрівлі і бокам, відбита порода прибрана. Процес зведення кріплення виконується в наступному порядку:

- двоє прохідників, ломиком здійснюють оформлення лунок глибиною 15 см під стійки аркового кріплення, одночасно з обох сторін виробки. У приготовані лунки вставляються стійки і скріплюються міжрамне стягування з раніше встановленої рамою, при цьому бічні стяжки розташовуються на 0,4 м нижче замкових з'єднань. Після цього з робочого полку верхняк накидається на ніжки. Елементи аркового кріплення з'єднуються двома парами скоб М-24, попередньо заклавши в днище верхняка між скобами дерев'яні розпірки і витримавши величину нахлестки, що дорівнює 0,5 м. Гайки на скобах з'єднуються гайковим ключем з рукояткою 0,45 м до видимого вигину планок. Після установки рами аркового кріплення її розклинають по покрівлі в двох точках на висоті, що дорівнює 0,6 її ширини, або $\frac{1}{4}$ прольоту від осі перерізу виробки дерев'яними клинами. Після відходу вибою на 10-15 м на кріпильних рамах вдруге підтягуються гайки з'єднувальних замків, в подальшому вони підтягуються в міру ослаблення.

6. Потім цикл повторюється.

Якість встановленого у вибої кріплення визначається візуальним і інструментальним способами особами дільничного нагляду не рідше одного разу на зміну. Контроль проводиться під час зведення кріплення - дотримання кроку кріплення, відстань між анкерами, якість установки анкерів. Затягування гайок перевіряється ключем з довжиною важеля не менше 0,7 м.

У закріпленій частини виробки необхідно звертати увагу на ознаки небезпечного стану анкерного кріплення і порід покрівлі, які можуть проявитися у вигляді зриву гайок, розриву або видавлювання стержня анкера зі шпуру, значної деформації і пориву решітки і шайб, розкриття тріщин в покрівлі, що супроводжується клацанням і тріском, розтріскуванням та відхід вугілля в боках виробки, поява капежа з покрівлі. Про всі небезпечні ознаки доповідати начальнику дільниці.

У разі раптового посилення гірничого тиску на кріплення виробкам необхідно мати постійний запас кріплення КШПУ-20,3 в кількості не менше 10 комплектів, а також дерев'яні ремонтини Ø18-20см для кріплення посилення.

Порядок ведення робіт по забезпеченню контролю стану анкерного кріплення і закріплених порід:

- оцінка працездатності анкерного кріплення і стійкості заанкерованих порід, вугільного масиву і виробці в цілому здійснюється протягом усього терміну експлуатації виробки з урахуванням геомеханічного стану порід, що вміщують на основі візуальних спостережень;
- для виконання оперативного поточного контролю стійкості заанкерованої покрівлі через кожні 50 м по виробці встановлюються вимірні станції складаються з реперних маячків в кількості 6 шт. - 2 по покрівлі, 2 по підшві і по 1 в правий і лівий бік виробки. Заміри змішень між маячками здійснюються щодня і заносяться в журнал контролю;

- проведення візуальних спостережень за станом анкерного кріплення і виробки полягає в контролі не рідше 1 разу на добу зсувів маячків і огляді (не рідше 1 разу на добу) елементів анкерного кріплення, встановленні ступеня їх деформування, поривів, стану приконтурного масиву (вивалів, заколів по покрівлі, віджимів і т.д.). Контроль здійснюють особи змінного нагляду ділянки і ланкові. Дані огляду заносяться в «Журнал контролю анкерного кріплення»;
- в процесі робіт по кріпленню виробки анкерним кріпленням ведеться постійний контроль за дотриманням технології ведення робіт і параметрів установки анкерів із занесенням даних в спеціальний "Журнал спостережень ...". Всі випадки відступу фактичних параметрів установки анкерів від паспортних фіксуються в "Журналі спостережень ...";
- при зміні гірничо-геологічних умов в "Паспорт ...", в установленому порядку, вносяться відповідні доповнення.

У міру посування вибою виконуються роботи з нарощування вентиляційних прогумованих труб діаметром 1000 мм.

Труби підвішуються на трос, протягнутий і закріплений до елементів кріплення. Вентиляційний став підвішується у верхній лівій частині виробки. Відставання вентиляційного става від вибою не більше 8 м.

У міру посування вибою здійснюються монтажні роботи по нарощуванню мкталевих труб діаметром 200 мм пожежно-зрошувального трубопроводу. З'єднання проводиться болтами М-16х120. Відставання трубопроводу від вибою не більше 40 м.

4.5 Визначення доцільного місця розташування магістральних виробок для забезпечення безремонтного стану

Стосовно місця розташування магістральних виробок доцільним було б їх розміщення у шарі пісковика міцністю 70 МПа без перетину більш

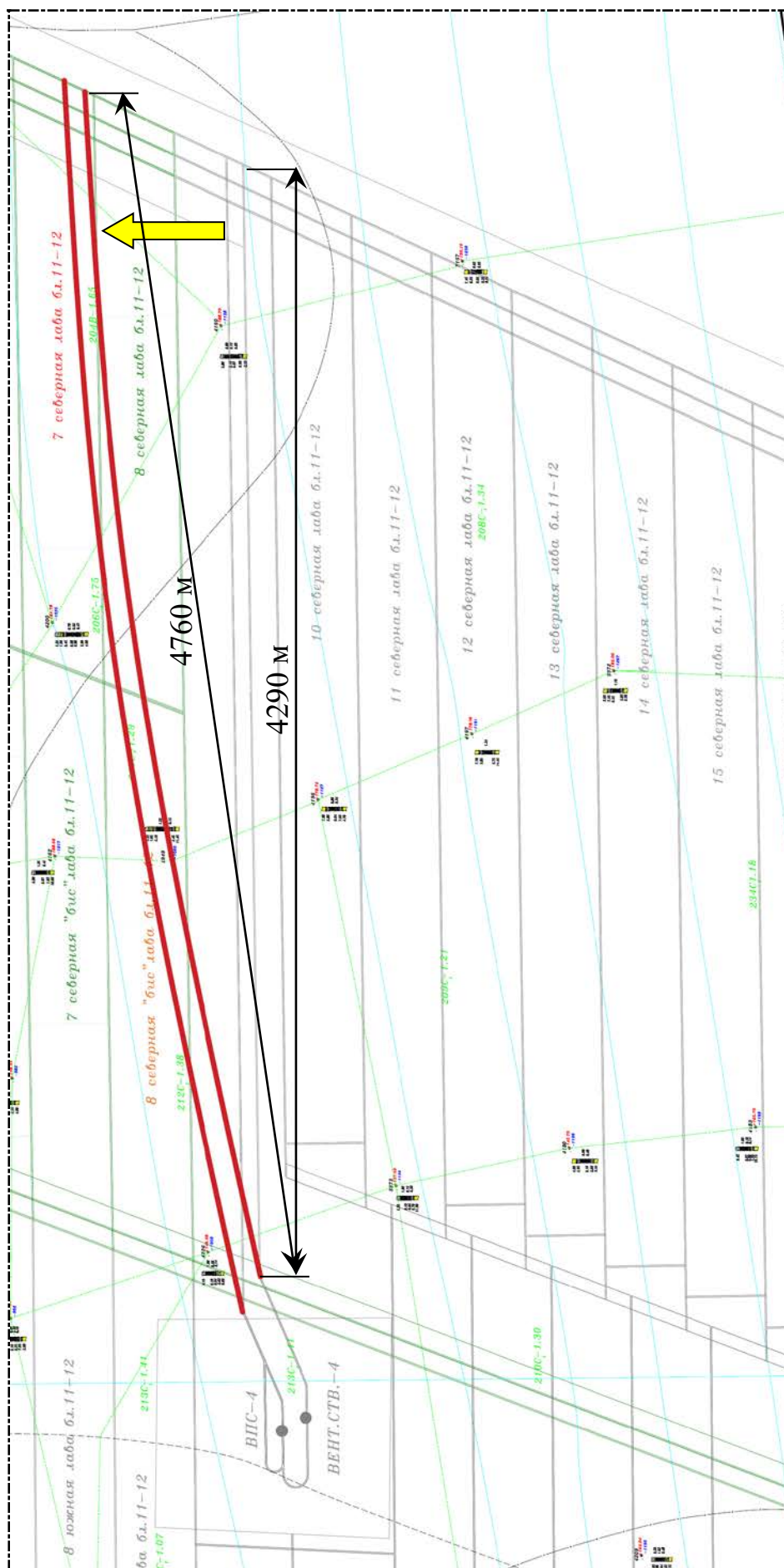


Рисунок 4.7 – Схема розташування магістральних штреків за ізогіпсами

слабких шарів. У цьому випадку виробки мають проводитись за ізогіпсами. Але це призведе до зкривлення профілю виробки та укладення транспортної конвеєрної ланки, а також необхідності перенесення приймального майданчика сполучення штреків з похилом і хідниками.

Для визначення відстані між магістральними штреками для мінімізації впливу один на інший доцільно скористатися виразом (3.2), у якому є коефіцієнт впливу інших виробок k_B , який визначається за формулою $k_B = k_L \times (B + b)/L$ (b, B – ширина кожної виробки, L – відстань між боками виробок, k_L – коефіцієнт впливу сусідньої виробки).

При розташуванні виробок одна від іншої на відстані 20 м $k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2)/20 = 3,224$, а зміщення складуть $U = 0,47$ м (це було розраховано раніше). Тобто зменшення відстані не доцільне. Розрахуємо дані показники для більших відстаней (наприклад, 30, 40, 50 та 60 м).

$$k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2)/30 = 2,15, U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 2,15 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,31 \text{ м};$$

$$k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2)/40 = 1,61, U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 1,61 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,23 \text{ м};$$

$$k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2)/50 = 1,29, U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 1,29 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,19 \text{ м};$$

$$k_B = 5,2 \times (6,2 + 6,2)/60 = 1,07, U = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,04 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,16 \text{ м}.$$

Графічно зміна зміщень від відстані L наведено на рисунку 4.8.

Як видно з графіку, мінімально необхідна відстань між виробками для забезпечення граничного зміщення, яке дорівнює піддатливості кріплення, достатньо $L = 32$ м (приймаємо 35 м, тоді $U = 0,27$ м). Тобто буде забезпечено безремонтний стан виробки, але у цьому випадку збільшиться довжина проміжний квершлагів (заїздів) між штреками, що вплине на збільшення капітальних витрат на підготовку даної частини шахтного поля. Якщо прийняти відстані між заїздами по 500 м, то їх кількість вздовж штреку складе $4290/500 \approx 9$, тобто збільшення довжини виробок, що проводяться, буде на 135 м. Всі ці зміни обумовлені додатковими витратами, тому вибір певного рішення має бути економічно обґрунтованим.

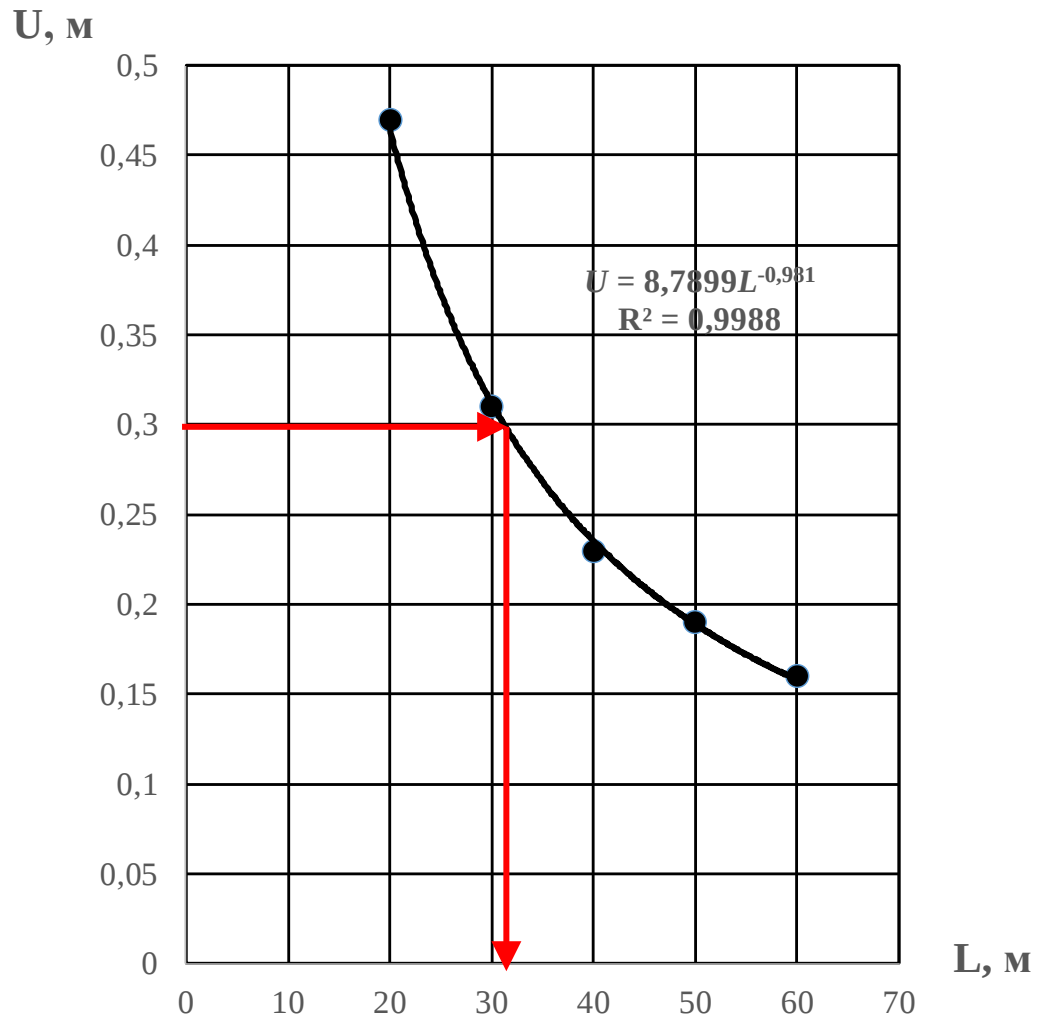


Рисунок 4.8 – Графік зміни зміщень покрівлі магістрального штреку у залежності від відстані до сусідньої виробки L

4.6 Економічне обґрунтування доцільного технологічного рішення щодо охорони магістрального штреку

Економічне обґрунтування доцільного технологічного рішення має зводитись до визначення мінімальних витрат за певним варіантом. З раніше наведених розрахунків впливають три варіанти: проведення штреків на відстані між ними 20 м з анкерним кріпленням на обмежених ділянках (приблизно довжиною по 100 м на кожному штреці, враховуючи їх нахил та висоту виробки $5/\sin 3^\circ \approx 100$ м); проведення штреків довжиною 4760 м (рис.

4.7) паралельно ізогіпсам; проведення штреків на відстані між ними 35 м. Для цих варіантів витрати позначимо, відповідно B_1 , B_2 , B_3 . Таким чином, доцільний варіант приймається з виразу

$$B = \min(B_1; B_2; B_3) \quad (4.14)$$

Розглянемо ці витрати окремо у спрощеному вигляді.

Для варіанту з анкеруванням витрати будуть визначатися вартістю проведення виробок на всю заплановану довжину за шахтним проектом з додатковим анкеруванням діляниць, тобто

$$B_1 = 2(KL_1 + K_a L_a). \quad (4.15)$$

Для варіанту проведення вздовж ізогіпс –

$$B_2 = 2KL_2. \quad (4.16)$$

Для варіанту рознесення виробок –

$$B_3 = 2(K \cdot L_1 + K_{кв} n \Delta L_{кв}). \quad (4.17)$$

У виразах (4.15)-(4.17): K – вартість проведення 1 м штреку, грн./м; L_1 – довжина виробок за шахтним проектом, м; K_a – вартість анкерування 1 м виробки, грн./м; L – довжина діляниці анкерування у виробці, м; L_2 – довжина виробок при проведенні їх вздовж ізогіпс, м; $K_{кв}$ – вартість проведення 1 м квершлягу, грн./м; $\Delta L_{кв}$ – приріст довжини виробки за рахунок рознесення штреків, м; n – кількість квершлягів вздовж штреків.

Оскільки вартісні показники є комерційною тайною на підприємстві, тому немає можливості розрахувати фактичні витрати за варіантами. Але у

цьому випадку можна скористатися існуючими методиками, які дадуть змогу визначити відносні зміни витрат між варіантами, що порівнюються. Скористаємося методикою, яка наведена у роботі [4], де наведено формули щодо визначення певних показників (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Орієнтовні величини експлуатаційних витрат на окремі види робіт для вибору раціонального способу охорони гірничих виробок

Види робіт	Одиниця виміру роботи	Вартість одиниці роботи, ум.од.
Проведення виробки	1 м виробки у світлі	$K = 102S_{св} - 560 + n_{кр}c_{кр} =$ $= 102 \cdot 20,3 - 560 +$ $+ 2 \cdot 1008 = 3526,60 \text{ ум.од.}$ $K_{кв} = 102 \cdot 14,4 - 560 +$ $+ 2 \cdot 1008 = 2924,80 \text{ ум.од.}$
Анкерування покрівлі або підосви виробки	1 анкер	$K_a = (12-16) \cdot 6 = 72-96$

У наведеній таблиці: $S_{св}$ – перетин виробки у світлі, м²; $n_{кр}$ – щільність кріплення, рам/м; $c_{кр}=550-1008$ – вартість одного комплексу кріплення, ум.од.

З (4.15)-(4.17) отримаємо:

$$B_1 = 2 \cdot (3526,60 \cdot 4290 + 96 \cdot 100) = 30277428 \text{ ум.од.}$$

$$B_2 = 2 \cdot 3526,60 \cdot 4760 = 33573232 \text{ ум.од.}$$

$$B_3 = 2 \cdot (3526,60 \cdot 4290 + 2924,80 \cdot 9 \cdot 15) = 31047924 \text{ ум.од.}$$

З розрахунків випливає, що найдешевший варіант буде при анкеруванні окремих ділянок B_1 , дорожчою на 2,5% від B_1 буде варіант з рознесенням виробок, а на 11 % – проведення штреків за ізогіпсами. Таким чином

$$B = \min(B_1; 1,03B_1; 1,11B_1) = B_1$$

Хоча другий варіант теж можна вважати доцільним, оскільки різниця між B_1 та B_2 не перевищує 5%. Але рознесення виробок не може перевищувати

$$L_{\kappa\theta} = 20 + \frac{0,525B_1 - K \cdot L_1}{K_{\kappa\theta} n} = 20 + \frac{0,525 \cdot 30277428 - 3526,60 \cdot 4290}{2924,80 \cdot 9} = 49 \text{ м}$$

5 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

При реалізації технологічних рішень запропонованих у роботі планується проведення польового магістрального треку на глибині 1250 м. Це вказує на те, що прохідницькі роботи та підтримання цих виробок буде здійснюватися у складних гірничо-геологічних умовах, які характеризуються підвищеним гірським тиском, збільшенням температури повітря. Крім того, роботи щодо проведення даної виробки характеризуються інтенсивними умовами праці прохідників у зв'язку з великими темпами посування виробки та переміщенням важких вантажів до вибою. Все це вказує на необхідність розгляду заходів щодо охорони праці при виконанні даних робіт.

Основні роботи провідницького циклу були наведені раніше. Всі ці операції мають супроводжуватись заходами безпеки, яких зобов'язані дотримуватись особисто працівники та контролювати їх дотримання особами нагляду.

Беручи зміну, ланковий і гірничий майстер зобов'язані заміряти CH_4 , перевірити правильність кріплення виробки, якість затяжки останніх 10 - 15 м штреку, стан виробки на відповідність вимогам пилогазового режиму, працездатність засобів автоматики і контролю аерогазової обстановки.

Черговий електрослюсар в цей час оглядає електроапаратуру, ланцюг заземлення електрообладнання і підвіску кабелів, перевіряє справність системи зрошення, стан вибійних механізмів.

Заходи безпеки при проведенні робіт з ампулами:

Ампули надходять споживачам упакованими в коробках з гофрокартону по 30 шт. На коробку нанесено маркування з позначенням:

- підприємства-виготовлювача;
- найменування продукції;
- номери технічних умов (ТУ);

- номери партії;
- марки ампул, їх розмірів і часу перемішування складу;
- дати виготовлення;
- маніпуляційних знаків «Берегти від вологи», «Берегти від нагрівання», температурний діапазон при зберіганні.

Ампули в умовах шахти транспортують неушкодженими коробками в вагонетках, зі зберіганням коробок від впливу несприятливих факторів (механічне пошкодження коробок, волога, підвищені температури та інше). Навантаження коробок здійснюють маркуванням вгору не більше ніж в три шари.

У разі аварійної ситуації при транспортуванні (механічне пошкодження ампул, загоряння) необхідно:

- при механічному пошкодженні засипати коробки з пошкодженими ампулами піском і доставити їх споживачеві або постачальнику;
- при загорянні коробок з ампулами гасіння здійснювати розпорошеною водою, піском, порошковими або вуглекислотними вогнегасниками, інертним пилом.

Не допускається залишати на місці аварії коробки, фрагменти пошкоджених ампул. Роботи проводити в рукавицях.

Зберігання ампул здійснюють:

- на поверхні - партіями в упаковці виробника в критих складських приміщеннях, конструктивні елементи яких виконані з негорючих матеріалів, зі штучною або природною вентиляцією, подалі від опалювальних та нагрівальних приладів. Не припустимо скупчення людей поблизу місць зберігання ампул;
- в підземних умовах - в упаковці виробника недалеко від місця застосування ампул, в кількості, що не перевищує тризмінної потреби. Не допускається залишати (складувати) упаковки з ампулами на стрічках

конвеєрів, на машинах і механізмах, на шляхах руху підземного транспорту (вагонеток) і переміщення людей.

При транспортуванні або зберіганні ампул в умовах негативних температур, ампули перед застосуванням необхідно витримати при $t=15^{\circ}\div 25^{\circ}\text{C}$ протягом трьох діб.

При зберіганні ампул необхідно стежити за оновленням запасу ампул. У першу чергу використовувати ампули з більш ранньою датою виготовлення. Гарантійний термін зберігання ампул з поліефірним складом при $t = 20^{\circ}\text{C}$ 6 місяців з дня виготовлення.

Утилізації підлягають ампули з пошкодженою оболонкою. Утилізація ампул, як правило, проводиться на поверхні, на відкритому повітрі або в приміщенні з ефективною вентиляцією. У підземних умовах проводиться утилізація одиничних ампул. Пошкоджені в підземних умовах ампули необхідно залишити в упаковці, в провітрюваному місці, а потім підняти на поверхню. Не допускається залишати пошкоджені ампули в замкнутих і тупикових непровітрюваних виробках.

Не допускається застосовувати ампули, термін зберігання яких закінчився!

Композиція на основі пасти пероксиду бензоїну і наповнювача містить ненасичені поліефірні смоли і наповнювач. Характеристика небезпеки композиції:

- температура спалаху - 63°C ;
- температура займання - 81°C ;
- температура самозаймання - 500°C ;
- коефіцієнт димоутворення – $274,7\text{м}^2/\text{кг}$.

Смола поліефірна ненасичена відноситься до групи горючих матеріалів. Композиція містить близько 25% смоли, яка є сполучною компонентом. В смолі міститься стирол, який є розчинником смоли і визначає її токсичність і пожежонебезпеку. Гранично допустима

концентрація (ГДК) в повітрі робочої зони $\approx 10 \text{ мг} / \text{м}^3$ - середньозмінна, $30 \text{ мг} / \text{м}^3$ - максимальна разова. За характером впливу на організм людини відноситься до III класу небезпеки за ГН.2.2.5.686-98.

Захисні засоби.

Робітники, зайняті установкою анкерів, повинні бути забезпечені:

- ☐ рукавичками гумовими або бавовняними;
- ☐ захисними окулярами;
- ☐ респіраторами;
- ☐ фляжками з чистою водою;
- ☐ саморятувальниками.

Персонал, що працює з ампулами, повинен бути навчений методам безпечної роботи, заходам надання першої допомоги.

Перша допомога

Небезпечна ситуація	Заходи безпеки
1. Попадання компонентів ампули в очі.	Промити великою кількістю води, направити потерпілого до лікаря.
2. Попадання складу ампули на шкіру.	Зняти чистою ганчіркою основну масу композиції або затверджувача, не втираючи в шкіру, потім забруднене місце ретельно промити водою з милом.
3. Розгерметизація ампул, вплив парів стиролу.	Необхідно доставити потерпілого на свіже повітря, тепло вкрити (при лихоманці), викликати лікаря.

Заходи безпеки при установці анкерного кріплення:

☐ для забезпечення надійного закріплення анкерів в шпурах фактичні діаметр і довжина пробурених шпурів повинні бути в межах, зазначених в технічних характеристиках (сертифікатах) різних конструкцій анкерів. Для виконання цієї вимоги слід застосовувати відповідні даним конкретних умов сучасні високопродуктивні бурові верстати, коронки і штанги, а також

проводити їх регулярний огляд і профілактику. При цьому застосовуються анкери, їх замки і стрижні, а також ампули повинні відповідати сертифікатам за умовами виготовлення, зберігання і транспортування до місця установки;

- при установці анкерів повинні строго виконуватися всі зазначені в сертифікатах вимоги до їх закріплення в шпурах;

- до робіт зі зведення анкерного кріплення допускаються гірники, ознайомлені з цим «Паспортом ...» під розпис, а також пройшли навчання та інструктаж з безпеки робіт з буровим обладнанням, анкерами з контролю за станом кріплення виробки;

- буріння шпурів і установка анкерного кріплення в покрівлі повинні проводитися з урахуванням стійкості порід і наявності в покрівлі штреку ослаблених породних включень. При веденні робіт на ділянках складної будови безпосередньої покрівлі буріння шпурів слід проводити зі зменшенням швидкості буріння і зусилля подачі бурильної установки, щоб уникнути різких ударів бурової штанги про міцним шарам покрівлі при перебурюванні слабких порід.

- забороняється починати буріння шпурів без огляду і видалення відшарованих шматків порід з покрівлі виробки. При бурінні слід застосовувати засоби боротьби з пилом або працювати в респіраторах;

- при зведенні сталеполімерних анкерів не допускається працювати з ампулами без рукавиць, порушувати умови зберігання ампул, здійснювати досилання в шпур ампул із зруйнованою оболонкою і вичерпаним терміном придатності, затягувати гайки до повного твердіння хімічного складу ампул;

- не допускається підвіска до анкерного кріплення підйомно-транспортних машин та іншого обладнання;

- виконавці робіт по кріпленню зобов'язані сповіщати гірничий нагляд ділянки про виявлені невідповідності стрижнів, ампул та інших елементів анкерного кріплення і бурового обладнання сертифікатами і

Характерні помилки, яких припускаються при установці анкера:

Технологічна несправність	Можливі причини
1. Анкер не встановлюється, "повзе" з шпуру, на анкері не отверділа композиція.	➤ недостатній час обертання анкера при перемішуванні складу ампул; ➤ недостатній час утримання анкера; ➤ ампула була проткнута анкером до включення бурильної установки; ➤ занадто велика швидкість поступального руху анкера при перемішуванні складу ампули; ➤ застосовані "холодні" ампули, що зберігалися в холодному складі; ➤ діаметр шпуру перевищує допустимий розмір.
2. Анкер випадає з шпуру, зі шпуру висипаються дрібні затверділі фрагменти.	➤ ☐ перевищено час обертання анкера при перемішуванні складу ампули (анкер "перекручений").
3. Анкер не несе нормативного навантаження або виходить з шпуру при затягуванні гайки	➤ порушена технологія установки анкера; ➤ шпур не зачищений; ➤ шпур пробурений на глибину, більше розрахункової (глибина вибою повинна дорівнювати довжині анкера за вирахуванням розмірів підхоплюючих пристроїв, шайб, гайок, що виступає з гайки кінця різьби анкера); ➤ для установки узятий короткий анкер; ➤ на настановній довжині анкера немає рифленої поверхні (анкер гладкий)

встановленим вимогам, а також про зміни в стані стійкості покрівлі, для ліквідації яких повинні прийматися оперативні заходи.

Заходи безпеки при зведенні анкерного кріплення.

- проведення робіт зі зведення анкерного кріплення необхідно виконувати відповідно до ПБ;
- роботи по бурінню шпурів і установки в них анкерів повинні проводитися під захистом тимчасового кріплення, що включає підтримуючі та огорожувальні елементи постійного кріплення;
- для забезпечення якісного переміщення твердіючого складу діаметр різців для буріння шпурів під сталеполімерні анкери повинен перевищувати діаметр стрижня анкера не менше ніж на 2 мм і не більше ніж на 8 мм;
- до початку буріння шпуру необхідно перевірити спрацьовування кнопок управління бурильної установки ("подача", "обертання") для уникнення варіантів заклинювання або помилкового спрацьовування через заштибовки вугільним (породним) пилом зазначених кнопок.

Заходи безпеки при транспортуванні матеріалів:

ІТП і робітники ділянки, зайняті на роботах по транспортуванню матеріалів і обладнання, повинні бути ознайомлені під розпис з паспортом щодо транспортування матеріалів і устаткування при проведенні штреку.

При роботі на лебідках, робочі виконують постійний візуальний огляд кріплення лебідок, стану канатів, причіпних пристроїв, а при виявленні порушень припиняють роботу і доповідають особі технічного нагляду ділянки в зміні.

Зчіпка і розчеплення вагонеток проводиться за допомогою спеціальних пристосувань (спецкрюків).

Для управління лебідками допускаються особи, які пройшли курс навчання і мають «Посвідчення ...».

Виробки, якими здійснюється транспортування, повинні бути огорожені звуковою та світловою сигналізацією, попереджувальними знаками.

Всі роботи повинні проводитися відповідно до ПБ і інструкцією до професії, при виставлених постах.

На всіх приймальних майданчиках повинні бути вивішені типові сигнали, допустима вага і кількість вагонеток у складі.

Для вантажно-розвантажувальних робіт і утримування обладнання у вертикальній площині необхідно застосовувати ручні талі, лебідки та інші засоби, що мають відповідну вантажопідйомність, тяговими зусиллями, за конструкцією і станом забезпечують безпеку робіт.

Відповідальний за доставку виводить людей з виробки і розставляє пости.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1. Одночасна робота конвеєрів і лебідок для транспортування матеріалів в одній виробці;
2. Знаходження людей в зоні дії і вигину каната, в зоні роботи відвідного блоку.
3. Ручна зчіпка і розчеплення вагонеток, а також під час руху складу.
4. Працювати несправним інструментом, на несправних лебідках і пошкоджених канатах.
5. Відчіплювати натягнуті канати.
6. Супроводжувати вантаж протягом доставки і перебувати в зоні дії канатів.
7. Використовувати окремі рами кріплення виробки для упору.
8. Застосовувати тягові канати з вузлами або обірваними пасмами, а також пасма від розплетених канатів.

Типові сигнали:

Один сигнал - «Стоп»

Два рідкісні - «Тихо вгору»

Два сигнали - «Підйом вгору»

Три рідкісні - «Тихо вниз»

Три сигнали - «Спуск вниз»

Кожен незрозумілий сигнал приймати за «СТОП».

Комплексне знепилювання повітря: відповідно до п.п. 1.2 і 1.3. «Інструкції з комплексного знепилювання повітря» і «Інструкції щодо попередження та локалізації вибухів вугільного пилу» при проведенні магістрального штреку комбайном КСП-43 застосовується наступний комплекс знепилювання повітря:

- подача зрошувальної рідини на ріжучу частину виконавчого органу;
- пристрій зрошення на Пересипах конвеєрів;
- пристрій водяних завіс;
- прибирання пилу, обмивання і осланцювання.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було проведено аналіз гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов відпрацювання пласта d₄ «Шахтоуправління «Покровське». Було встановлено, що технологічна схема шахти є досконалою та може забезпечити проектний видобуток підприємства. На даний момент прийняті технічні рішення є ефективними та дозволяють забезпечити заплановану виробничу потужність підприємства. Але разом з тим ці рішення запроектовані на обмежену частину шахтного поля і їх застосування на інших ділянках може бути ускладнене при збільшенні глибини робіт та доробці блоків №11-14. При цьому параметри підготовчих робіт можуть суттєво відрізнятися від тих, які є для виробок на менших глибинах, тому що при збільшенні глибини робіт можуть ускладнитися умови підтримання виробок. Для забезпечення їх стійкості необхідне буде застосування нових технологій кріплення або існуючих з додатковими заходами охорони. У цьому випадку більш важливим є питання охорони капітальних виробок, у яких термін служби значний і від їх експлуатаційного та без аварійного стану залежить робота не однієї виїмкової ділянки, а всього блоку або декількох блоків. Тому можна стверджувати, що першочерговою задачею при проектуванні нових блоків є вибір заходів охорони капітальних виробок або вдосконалення наявних.

Здійснено прогноз зміщень контуру магістральних штреків на горизонті 1250 м. Встановлено, що у певних умовах дані виробки потребують здійснення ремонтних робіт на обмежених ділянках. Це обумовлено перетинанням слабкого шару алевроліту. Для забезпечення безремонтного стану даних виробок необхідне застосування заходів їх охорони.

Вивчено досвід охорони капітальних виробок у складних гірничо-геологічних умовах та обґрунтовано додаткові заходи охорони щодо забезпечення стійкості магістральних штреків гор. 1250 м. Було визначено

параметри анкерного кріплення та розглянуто можливість зміни місця розташування виробок відносно слабкого шару алевроліту та відносно сусідніх виробок. Економічні розрахунки за розглянутими варіантами охорони штреків показали, що найдешевшими варіантами будуть анкерування окремих ділянок штреків, де вони перетинають шар алевроліту та варіант з рознесенням двох суміжних магістральних штреків на відстань від 32 до 49 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дорохов Д.В. и др. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых.– ДонГТУ.– Донецк– 1997.– 368с.
2. Типовые проектные решения V.401-011-2002. Сечения горных выработок, закрепленных металлической крепью КШПУ-М. НПЦ Геомеханика, ГХК “Павлоградуголь”, 2008.– 11 с.
3. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. (Изд. 2-е). Л., 1978, 212 с.
4. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по курсу “Управление состоянием породного массива” (раздел “Подготавливающие и подготовительные выработки”) для студентов специальностей 7.090301 всех форм обучения. / Сост.: Н.Н.Гавриш, В.И.Пилюгин. – Донецк: ДонГТУ, 2001, - 102 с.
5. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л.: ВНИМИ. 1986. 222 с.
6. Солодянкин А.В., Халимендик А.В. К обоснованию способа устойчивости капитальных горных выработок в условиях больших смещений породного контура. Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. 2009. № 15.– С. 116-118.
7. Кириченко М.Т., Пирський О.А., Стоапник С.М. Підвищення стійкості капітальних виробок на шахтах України. Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво", 2016, №1.– С. 84-87.
8. Смирнов А.В., Пилюгин В.И. Практическая геомеханика на шахтах ДТЭК: взгляд в будущее. UKRAINIAN MINING FORUM - Український гірничий форум, 2015.
9. Солодянкин А.В., Гапеев С.Н., Выгодин М.А., Воронин С.А., Снигур В.Г., Мкртчян С.В. Ресурсосберегающее направление повышения

устойчивости капитальных выработок глубоких шахт Западного Донбасса. UKRAINIAN MINING FORUM - Український гірничий форум, 2016. – С. 57-61.

10. Оптимизация паспортов комбинированной рамно-анкерной крепи капитальных выработок / Е. А. Колесниченко, В. И. Пилюгин, А. Е. Григорьев // Уголь Украины. - 2015. - № 3-4. - С. 72-74.

11. Методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «ОХОРОНА ГІРНИЧИХ ВИРОБОК» (для студентів ОС «Бакалавр» спеціальності 184 Гірництво) / Негрій С.Г., Негрій Т.О., Чепіга Д.А. - Покровськ: ДонНТУ, 2020.- 227 с.