

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

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

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

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

Випускна кваліфікаційна робота

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Обґрунтування технологічної схеми очисних робіт з повторним використанням виїмкових виробок в умовах шахти «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»

Виконав: студент 2 курсу, групи РКК зм-20

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

БИКОВ Юрій
(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

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

Студент БИКОВ Юрій
(підпис)

Луцьк – 2022 р

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30 січня 20 22 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

БИКОВ Юрій

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

САХНО Іван

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Биков Ю.В. Обґрунтування технологічної схеми очисних робіт з повторним використанням виїмкових виробок в умовах шахти «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 184 «Гірництво». – ДВНЗ Дон-НТУ, Покровськ, 2022.

Магістерська робота присвячена вирішенню актуального завдання удосконалення технологічної схеми очисних робіт на пласті m_5^1 ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток».

Аналіз шахтної технологічної схеми очисних робіт довів, що техніка лави відповідає сучасному стану і не потребує заміни. Проблемою для шахти є зниження видобутку вугілля через газовий чинник. Зміна схеми провітрювання дозволяє збільшити навантаження на лаву на 600т/добу. Однак невирішеним при цьому є питання забезпечення повторного використання виробок.

Аналіз літератури свідчить, що в гірничо-геологічних умовах шахти цілком реально використовувати повторне використання. Світовий досвід пропонує декілька рішень для цього. Одне з найкращих – жорсткі охоронні смуги з бетону, або його аналогів. Як варіант, що найбільше підходить до умов підприємства пропонується використання пакетованих полос.

Проведене комп'ютерне моделювання дозволило встановити необхідні параметри таких полос для умов шахти. Наведено технологію спорудження пакетованих полос в запропонованому дизайні.

Результати техніко-економічного аналізу довели доцільність запропонованих змін. Видобуток з лави збільшується до 3117 т/добу, тобто на 23%, а витрати на реалізацію запропонованого варіанту зменшується на 22% відносно шахтного.

Наведено вимоги охорони праці і заходи з техніки безпеки.

Ключові слова: шахта, провітрювання, лава, охорона штреків, пакетована смуга.

ABSTRACT

Bykov Yu.V. Substantiation of the technological scheme of coal excavation with repeated use of roadways in the conditions of the mine "Dobropilska" SE "Dobropilvugol-mining"/ Graduation qualifying work for obtaining an educational degree «Master» specialty 184 «Mining». - SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2022.

The master's thesis is devoted to solving the urgent problem of improving the technological scheme coal excavation on the seam m_5^1 "Dobropilska" SE "Dobropilvugol-mining".

Analysis of the mine technological scheme of longwall coal excavation proved that the technique of longwall corresponds to the current state and does not need to be replaced.

The problem for the mine is the reduction of coal production due to the gas factor. Changing the ventilation scheme allows you to increase the load on the face by 600t / day. However, the issue of ensuring the reuse of workings is unresolved.

Analysis of the literature shows that in the mining and geological conditions of the mine, it is realistic to use reuse. World experience offers several solutions for this. One of the best - rigid protective strips of concrete or its analogues. As an option that best suits the conditions of the enterprise, the use of packaged strips is proposed.

The performed computer simulation allowed to establish the necessary parameters of such strips for the mine conditions. The technology of construction of packed strips in the proposed design is given.

The results of technical and economic analysis proved the feasibility of the proposed changes. Production from lava increases to 3117 t / day, ie by 23%, and the cost of implementing the proposed option decreases by 22% compared to mine.

Occupational safety requirements and safety measures are given.

Key words: mine, ventilation, bench, protection of drifts, packed strip.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Коротка характеристика шахти «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»	8
1.1 Опис району, де розташована шахта	8
1.2 Опис геологічної будови поля	8
1.3 Опис вугільної товщі	9
1.4 Межі, розміри шахтного поля та запаси вугілля	11
1.5 Способи розкриття і підготовки шахтного поля	11
1.6 Енергопостачання підприємства	12
1.7 Комплекс поверхні шахти	12
2. Аналіз шахтної технологічної схеми очисних робіт	14
2.1 Гірничо-геологічні умови відпрацювання 10 південної лави ухилу пл. m_5^{1b} гор. 450 м	14
2.2 Короткий аналіз технологічної схеми очисних робіт	16
3 Аналіз світового досвіду використання технологічних схем очисних робіт з повторним використанням штреків	27
3.1 Загальний опис стану питання	27
3.2 Існуючі способи охорони виїмкових штреків	34
3.3 Аналіз досвіду використання литих смуг	41
4. Розробка технологічних схем очисних робіт ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»	49
4.1 Математичне моделювання навантаження охоронної смуги при підтриманні виробки за лавою	49
4.2 Обґрунтування параметрів охоронної смуги в умовах ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»	59
4.3 Технологія зведення пакетованої смуги	66
4.4. Розрахунок економічного ефекту від застосування методу охорони виїмкових штреків пакетованою смугою	69
5 Охорона праці і заходи з безпеки робіт	77
5.1 Вимоги правил безпеки для очисних робіт	77
5.2 Протипожежний захист	78
5.3 Заходи безпеки при спорудженні пакетованої смуги	80
Висновки	81
Список використаних джерел	83

ВСТУП

Найбільш важливими для вугільної шахти є дільниці очисних робіт. На сучасному етапі розвитку технологій гірничовидобувного комплексу, з метою забезпечення необхідної конкурентоспроможності вугільних підприємств все більше уваги приділяється саме очисним роботам. Шахти в світовій практиці все більше орієнтуються на високопродуктивні лави, а не на збільшення кількості вибоїв в межах підприємства. Одна-дві лави з високими темпами посування дозволяють при високій концентрації робіт і, відповідно, невеликих витратах на підтримання, проведення і транспорт по виробкам забезпечити високий видобуток і конкурентноспроможні ціни на вугілля.

Сучасні технології формуються для підготовки та оснащення забійним обладнанням лав з довжиною очисного забою не менше 300 м, з довжиною виїмальних панелей 2500—5000 м, при цьому в ряді країн такі лави, на пластах потужністю 1,5-2,0 м, видобувають до 5 млн т протягом року, при цьому продуктивність праці ГРОВ наближається до цифри в 10—15 тис. т вугілля.

З іншого боку високі темпи відпрацювання лав потребують високих темпів проведення виїмкових виробок. В США, Австралії деяких шахтах Китаю використовуються системи розробки з декількома штреками для обслуговування однієї лави, між якими залишаються вугільні цілики. В країнах Європи прийнято традицію одноштрекової підготовки без залишення міжштрекових ціликів. Це потребує якісного підтримання виробок. В українських шахтах практика повторного використання штреків не набула широкого впровадження. Проте ця технологія є вкрай перспективною для вітчизняних підприємств.

Враховуючи це переважно увага в магістерській роботі приділена видобувній дільниці з повторним використанням штреків. Тому тема магістерської роботи, що присвячена впровадженню нових

гірничодобувальних технологій на ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» є актуальною.

Мета роботи: розробка технологічної схеми очисних робіт на пласті m_5^1 ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток», яка передбачає повторне використання штреків.

Завдання:

1. Аналіз гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов роботи підприємства.
2. Аналіз існуючої технологічної схеми очисних робіт на основі поточного паспорту кріплення і управління покрівлею.
3. Аналіз світового досвіду використання технологічних схем очисних робіт з повторним використанням штреків.
4. Розробка технологічних схем очисних робіт ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток».

Методи дослідження. При проведенні аналізу літературних джерел з світового досвіду очисних робіт використовувалися методи узагальнення, аналіз і синтез. Під час дослідження шахтного варіанта технологічної схеми очисних робіт і виявлення її недоліків і переваг використовувався метод інженерного аналізу. При проектуванні технологічної схеми очисних робіт використовувався метод інженерних розрахунків.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 38 найменувань; містить 78 сторінок основного тексту, 30 рисунків, 10 таблиць, загальний обсяг роботи складає 87 сторінок.

1. Коротка характеристика шахти шахта «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»

1.1 Опис району, де розташована шахта

Поле ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» розміщується на північному заході Покровського вуглерайону Донецького басейну. Неподалік, на південний схід, знаходиться м.Білицьке, а на північний захід м.Білозерське. Також сусіднім до поля ш. Добропільська є проектна ділянка ш. «Добропільська - Капітальна».

Ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» закладена у 1931 році і введена в експлуатацію у 1941 році з виробничою річною потужністю 0,3 млн. т.

Ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» має підїздні шляхи для залізничного і колесного транспорту. Промисловий майданчик знаходиться у 30 кілометрах північніше з/ст Покровськ і у 3 км північніше з/ст Добропілля. Мережею автошляхів, проммайданчик поєднано з трасами Олександрівка–Покровськ–Константинополь та і Добропілля–Лиман [1].

1.2 Опис геологічної будови поля

Гірничий отвод геоструктурно відноситься до південно-західної частини Кальміус -Торецької котлоулоговини і є родовищем закритого виду. Структурно відноситься до тектоноблоку, що обмежений Добропільським насувом та Добропільським скидом.

Простягання порід на цій площині північно-західне з азимутом 320° , падіння північно-східне, кути $6-12^{\circ}$. Біля тектонічних порушень кути сягають 45° . Порівняно спокійне залягання гірських порід ускладнюється поблизу розривних тектонічних порушень. Найбільш істотними з них є Добро-

пільський насув, Добропільський скид, Карповський скид і Кутузовський скид, скид «А», вскид №1 [2].

Кути падіння зміщувачів знаходяться в діапазоні 60-85°. Геологічні порушення як правило супроводжуються ділянками послаблених порід, що ускладнюють процес ведення видобутку вугілля, призводять до додаткових витрат корисних копалин [2].

Вцілому тектонічна будова шахтного відводу достатньо проста. Найкрупніші геопорушення – Добропільський насув і Добропільський скид. Саме вони вистпають границями шахтного поля [2].

Гідрогеологія

Шахтні води за хіміскладом переважно Cl- сульфатні, Mg - Na з мінеральним вмістом 2,9-4,0 г / л. Води є агресивними до конструкцій з бетону і сталі. Водоприплив на пл. m_5^{1b} сягає 56 м³/год, на пл. m_4^0 майже втричі більше -152 м³/год. Вода надходить переважно з покрівлі пластів m_5^{1b} та m_4^0 в вигляді струй та крапель, а також з підшви пл. m_5^{1b} де розташовуються водоносні пісковики. Водопритоки з очисного вибою становлять близько 3-10 м³/год, різко зростаючи до 60-80 м³/год та більше після посадки покрівлі. За гідрогеологічними умовами шахта віднесена до 2 групи складності [2].

1.3 Опис вугільної товщі

Вугільна товща в межах шахтного відвода представлена світами C_2^1 , C_2^6 , C_2^5 , що містять у собі 56 пластів вугілля, з яких лише три мають робочу потужність m_4^0 , m_5^1 , ℓ_2^1 [2]. Відробка шахтою ведеться саме цих пластів.

Пласт m_5^1 містить дві пачки, між якими знаходиться пропласт аргіліту. Потужність пропласта змінюється від 0,02 м до 0,20 м, в області актуального відпрацювання - 0,03 - 0,06 м. Вугілля чорне, напів блискуче, се-

редньотріщинувате, середньої міцності (міцність на одноосьове стиснення 15 МПа). Пласт витриманої потужності, залягання хвилясте, кут $8-12^{\circ}$, в місці ведення робіт кут падіння 11° . Геологічна потужність пласту по шахтному полю 0,73–1,69 м, у місці актуального ведення робіт 1,04-1,16м [2].

Безпосередня покрівля пласта m_5^1 переважно аргіліт темно-сірий тріщинуватий. Основна покрівля аргіліт впереміжку з алевролітом і пісковиком. На основі відпрацювання пласта сусідніми лавами визначено, що основна покрівля відноситься до категорії середньої обваленості. Основна підшва представлена в основному піщаником ясно-сірим, кварцовим, стійким [2].

Підготовка та відпрацювання вугілля здійснюються двосторонніми панельними похилами. Яруси відпрацьовуються в напрямку зверху-вниз. Панелі двокрилі, тому вони підготовлюються трьома виробками [2].

Таблиця 1.1 Пласти, що є на балансі шахти [2]

Пласт/параметр	m_4^0	m_5^{1g}	ℓ_2^1	ℓ_3	ℓ_4
Система розробки	стовпова				—
Зольність вугілля, $A_{пл}^a$, %	9	15	15,6	6,8	7
Зольність експлуат, A_Q , %	16	35	25	15	9
Категорія основної покрівлі по обваленню	A_1	A_{1-2}	A_1	A_{1-2}	A_2
Категорія безпосередньої покрівлі по стійкості	B_{2-1}	B_2	B_{2-1}	B_2	B_1
Категорія безпосередньої підшви по стійкості	P_2	P_2	P_1	P_{2-1}	P_1
Несуча здатність підшви, кг/см ²	165	180	200	200	150
Обводнення	велика	невелика	велика	невелика	—

За вмістом метану ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» є над категорною. Шахта небезпечна по вибуховості вугільного пилу, та не схильна до гірничих ударів і раптових викидів вугілля і газу. Пласти не схильні до самозапалювання. Багатогазовість шахти: абсолютна 30,53 м³/хв., відносна 45,32 м³/хв. на тону добового видобутку [1].

1.4 Межі, розміри шахтного поля та запаси вугілля

За геометрією шахтні поля пл. $m_5^{1в}$ та m_4^0 не відрізняються, маючи при цьому прості обриси. Шахтні поля пластів l_3 та l_2^1 – не є однаковими.

На південному заході шахтне поле обмежено виходами пластів під наноси, а на північному сході шахтне поле обмежено нижньою ізогипсою мінус 650м. Нижче по падінню розташована резервна ділянка шахти «Добропільська – Капітальна». З східного напрямку шахтні поля межують з Добропільським насувом. Також зі східного напрямку на межі знаходиться поле шахти «Белицька». З західного напрямку шахта «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» межує з шахтою «Алмазна» [1].

Розміри шахтного поля з північного сходу на південний захід по пластах $m_5^{1в}$ та m_4^0 дорівнюють 4250 м. Розміри шахтних полів по виходах пластів $m_5^{1в}$ та m_4^0 дорівнюють 3500 м, а по падінню – 4200 м. По пласту l_3 відповідні розміри дорівнюють: 5100м і 4800м, а по пласту l_2^1 - 5300 м і 4215 м. Промислові запаси станом на 31.12.2021 р становлять 51715 тис. т. Підготовлені запаси складають 1131 тис. т. Шахта забезпечена промисловими запасами вугілля на 50 років [1].

1.5 Способи розкриття і підготовки шахтного поля

Розкриття поля ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» передбачене 4 вертикальними стволами і 1 шурфом, а також капквершлагами гор. 200, 300 та 450 м. Ствол №1 (скіп.), ствол №3 (клітьов.)

і шурф №3 проведені до горизонту 300 м. Ствол №2 (кліт.) проведено до горизонту 200 м. Ствол №4 (вент.) проведено до горизонту 450 м [1].

Шахтне поле підготовлено панельним способом. Пласти відпрацьовуються від центра до меж шахтного поля, зверху вниз по падінню пластів. Похилі виробки проводяться пластовими переважно, з верхньою і нижньою підбивкою. Кріплення похилів і хідників як правило відбувається металевим арковим піддатливим кріпленням. Охорона підготовлюючих виробок ведеться за допомогою ціликів вугілля [1].

1.6 Енергопостачання підприємства

Ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» живиться ел.енергією з напругою 110 кВ по двом незалежних вводам від підстанції добропольського району. Підстанція шахти має 2 трансформатори ТДТН25000/35. Живлення підземних споживачів відбувається напругою 6 кВ від поверхневої підстанції по стволам, що подають свіже повітря. ЦПП знаходиться в біляствольному дворі гор. 300 м, а також гор. 200 м.

Високим напруженням в шахті живляться ел.двигуни головного водовідливу. Всі інші споживачі електроенергії – низьковольтні (660 В). Напруження 127 В передбачено для освітлення і сигналізації, напруження 220 В – тільки для освітлення [1].

Ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» є небезпечною за газом та пилом, в стволах з вихідним струменем повітря та в надшахтних спорудах, що приєднуються до цих стволів, а також в стволах зі свіжим струменем повітря застосовується електрообладнання з рівнем вибухозахисту не нижче РВ. Стволова сигналізація та акумуляторні світильники індивідуального користування з рівнем захисту не нижче РП [1].

1.7 Комплекс поверхні шахти

На промисловому майданчику є два техкомплекси.

Перший – комплекс головного ствола. Він забезпечує транспортування вугілля і навантаження його в вагони залізничного транспорту для відправлення на збагачення. Другий – комплекс допоміжного ствола. Його призначення у за-безпеченні підземних робіт матеріалами і устаткуванням, паливно-мас-тильними матеріалами [1].

Для підготовки твердого палива для котельні використовується гуркіт ГМП32 і дробарка СМД-147 установлені в будинку навантажувальних бункерів з передачею палива стрічковими конвеєрами по галереї [1].

Комплекс головного ствола також здійснює приймання, навантаження і транспортування породи на породний відвал. Порода з надшахтного будинку головного ствола стрічковими конвеєрами транспортується за залізничні колії в бункер місткістю 140 м³, відкіля порода машинами вивозиться на породний відвал [1].

Для навантаження вугілля в залізничні вагони передбачені високоомеханізовані навантажувальні комплекси. Навантаження проводиться послідовно на двох залізничних коліях. Пересувка вагонів під навантаженням проводиться маневровими лебідками ЛМГ-1500 [1].

2 Аналіз шахтної технологічної схеми очисних робіт

2.1 Гірничо-геологічні умови відпрацювання 10 південної лави ухилу пл. m_5^{1B} гор. 450 м

Вугільний пласт m_5^{1B} складної будови, тому, що складається з двох пачок, розділених прошарками аргіліту потужністю 0,14-0,57м. Геологічна потужність пласта змінюється в межах від 1,26 м у північній частині поля до 1,92 м у південній в основному внаслідок зменшення нижньої вугільної пачки. Вугілля пласта чорне, напівблискуче, тріщинувате, полосчає, по тріщинах нальоти кальциту. Пласт не схильний до самозаймання, не небезпечний по раптовим викидам вугілля і газу, не небезпечний по раптовим проривам метану, не небезпечний по гірських ударах, небезпечний по пилу.

Безпосередня покрівля пласта, а в південній частині і основна, представлені аргілітом потужністю 14,1 м, темно-сірим, слаботріщинуватим, тонкошаруватим. Тонкоплітчастим, що містить безпосередньо над пластом малопотужні включення алевроліту, місцями слабопіщаним, середньої міцності, у верхній частині поля здатний утворювати зони «хибної покрівлі», малостійким Бз. Основна покрівля пласта на більшій частині виїмкового поля - алевроліт потужністю до 12,2 м, темно-сірий, слабослюдистий, тріщинуватий, з намівами тонкозернистого пісковика, середньої міцності, середньообрушуваний А₂.

Безпосередньою підшовою пласта в центральній і південній частині поля є алевроліт потужністю до 4,0 м, шаруватий, з рідкісними слідами ковзання, з дрібними вуглефікованими відбитками, місцями хвилястослоїстий за рахунок тонкозернистого пісковика, схильний до інтенсивного пучення і розмокання при обводненні. У північно-західній частині ділянки безпосередня підшва – аргіліт потужністю до 0,7м, темно-сірий, шаруватий, у верхній частині шару комковатий, з частими слідами ковзання, з прошарками вугілля, схильний до інтенсивного розшарування та розмокання, середньостійкий П₂ [3]. Гірничо-геологічні характеристики ділянки наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Гірничо-геологічна характеристика виїмкової ділянки [3]

Показник	Значення
Марка вугілля	ГЖП
Породи:	
-основна покрівля	Аргіліт, алевроліт
-безпосередня покрівля	аргіліт
-підшва	аргіліт, піщаник
Обрушаємість	
-основна порівля	A ₂
Стійкість	
-безпосередня покрівля	Б ₁ , Б ₃
-підшва	П ₂
Наявність геологічних порушень	нет
Небезпека пласта:	
-по пилу	небезпечний
-по гірським ударам	безпечний
-по схильності до самозаймання	не схильний
-по раптовим викидам	безпечний
-по газу	надкатегорна
Кут падіння пласта, град.	9-10
Потужність пласта, м	1,26-1,92
- сумарна	1,47-1,92
-породних прошарків	0,14-0,57
-вугілля	1,10-1,43
Коефіцієнт міцності по шкалі проф. Протодьяконова	
-безпосередня покрівля	аргіліт f=4
-підшва	аргіліт f=3
-породних прошарків	аргіліт f=3
Потужність, м	
-основна покрівля	алевроліт 0-12,2 аргіліт 14,0
-безпосередня покрівля	аргіліт 1,5-14,1
Крок обвалення, м:	
-основна покрівля	18-20
-безпосередня покрівля	0,5-1
Опір вугілля різанню , кг/см ²	240
Глибина розробки, м	849
Зольність пластова, %	38,4
Об'ємна вага вугілля	1,6
Обводненість пласта, м ³ /час	1-5
Влажність, %	5,1
Сірка, %	2,79

Основна підосва – піщаник потужністю 7,1-17,40м, міцний, масивний, щільний, обводнений, кварцовий, слюдистий.

Залягання порід спокійне, моноклінальне, слабохвилясте з субмеридіальним простяганням складок. Природна газоносність у районі робіт сягає 15 м³/т.с.б.м. Приплив води можливий з обваленої частини лави до 5 м³/годину.

Первинна посадка основної покрівлі з досвіду ведення гірських робіт можлива на 20 метрах відходу забою від монтажного ходка. Наступні кроки обвалення очікуються через 2-4м відходу. Повна посадка основної покрівлі відбудеться на 60-70 м відходу.

В інтервалах пікетів конвеєрного штреку №№ 8-13, 27-31, 47-52 конвеєрного штреку вибоєм перетинаються бар'єрні цілики біля розвідувальних свердловин № 4127, 4132, 4133. Викопіювання з плану гірничих виробок наведено на рис. 2.1.

2.2 Короткий аналіз технологічної схеми очисних робіт

Відпрацювання 10 південної лави ухилу пл. m_5^{1B} гор. 450м проводитиметься із застосуванням зворотної схеми провітрювання. Конвеєрний штрек погашається за рухом лави. Для забезпечення застосування як способу дегазації виробленого простору - свічками в глухому куті вентиляційного штреку (на відстані 30-50м слідом за рухом лави), вентиляційний штрек погашатися не буде. Відпрацювання лави ведеться з підтримкою вентиляційного штреку для ефективної дегазації виробленого простору [3].

Підготовка 10-ї південної лави ухилу пл. m_5^{1B} гор.450м здійснюється 10 південним конвеєрним штреком, вентиляційним штреком 10 південної лави та монтажним ходком 10 південної лави ухилу пл. m_5^{1B} гор.450м.

10 південний конвеєрний штрек пройдено довжиною 1350м, закріплений рамним кріпленням КШПУ-13,6. Крок кріплення 0,8м.

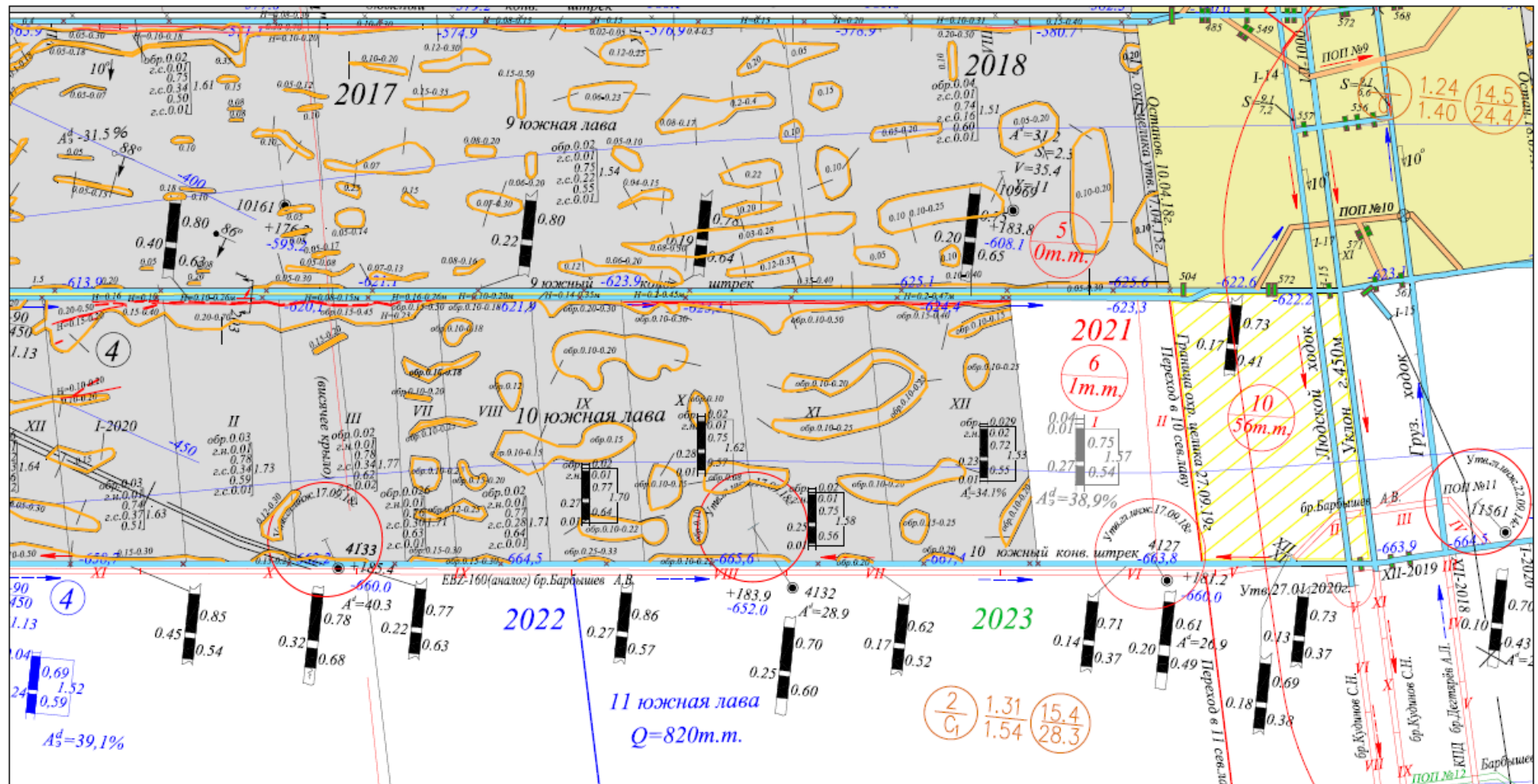


Рисунок 2.1 – Викопіювання з плану гірничих виробок пл. m_5^{1b}

Вентиляційний штрек довжиною 1270м, закріплений рамним кріпленням КШПУ-13,6. Крок кріплення 0,8м.

Монтажний ходок пройдений довжиною 251м, закріплений рамним кріпленням КШПУ-13,6. Крок кріплення 0,8м та 0,5м.

Довжина виїмкового поля 10 південної лави – 1160м, довжина лави – 251м. Система розробки – стовпова, з відпрацюванням лави за простяганням. Спосіб управління покрівлею - повне обвалення. Спосіб транспортування гірської маси – повна конвеєризація.

Відбита гірська маса транспортується лавним скребковим конвеєром СП-251 довжиною 250м, на перевантажувач СП-251.15 довжиною 60м, потім стрічковим конвеєром 1Л-1000КП.

Для відпрацювання запасів прийнято механізоване кріплення ЗКД-90Т (167 секцій) з комбайном CLS450 та конвеєром СП-251 (рис. 2.2). Схема роботи комбайна – човникова. Задвижка комбайна та конвеєра на кінцевих ділянках лави проводиться за допомогою «косих» заїздів.

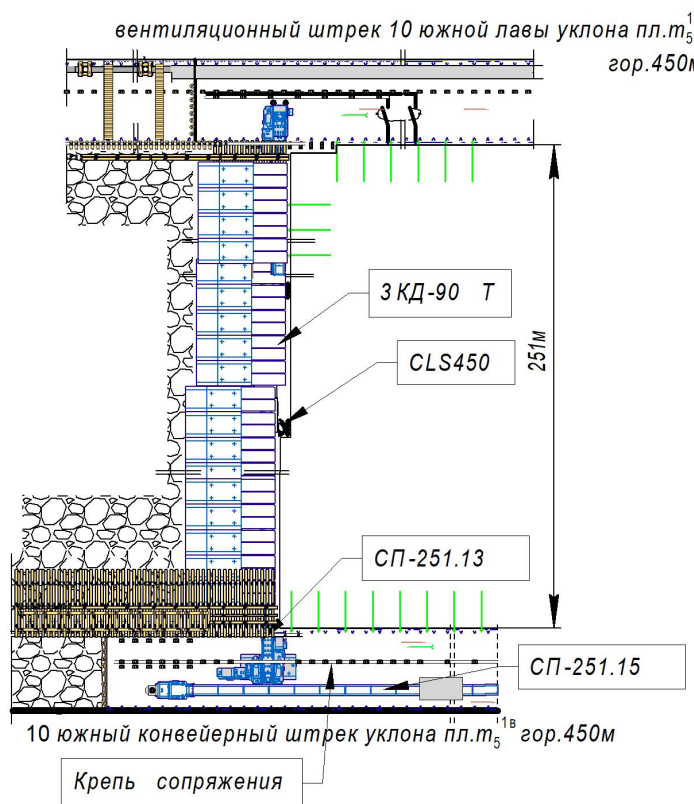


Рисунок 2.2 План лави 10 південної лави ухилу пл. $m_5^{1в}$ гор. 450м

При цьому СВП-27 довжиною 3,5 м підвішуються до кріплення штреку відрізками ланцюга калібру 18х64 та з'єднуються замками ЗПК у єдину балку. Випередження балкою очисного вибою в першу зміну повинно становити не менше 6м. Під балку, у місці її перетину з верхняком рами через 1,6м, проводиться установка дерев'яної стійки на лежак із відрізка шпального бруса завдовжки 30-40см.

При появі на поєднанні лави зі штреком вивалів породи, необхідно їх закладати клітьми з дерев'яних брусів, елементи яких мають бути скріплені скобами. Кріплення сполучення виробляти у присутності особи технічного нагляду.

Для влаштування вентиляційної системи на стійки поздовжньої частини вентиляційної системи набивається дерев'яна затяжка та прогумований матеріал.

По брівці встановлюється з випередженням безперервна балка з відрізків профілю СВП-27 довжиною 3,5м, з'єднаних двома замками ЗПКм, для чого проводиться розбирання та кріплення берми. Під балку у вибої встановлюються гідростійки. У процесі пересування конвеєра, перший ряд гідростійки в бермі витягується, а за конвеєром встановлюються дерев'яні стійки. Крок установки стійок по бермі – 0,8м, за стійками кріплення ЗКД-90Т – 0,8м.

Для запобігання обвалу порід покрівлі та травмування робітників на дві секції кріплення ЗКД-90Т заводиться дерев'яний брус 3,8х0,10х0,16 через 0,315м (2 бруси на засувку).

За секцією кріплення ЗКД-90Т №167 пробивається органне кріплення під органні бруси, крок установки органного кріплення - 0.315м.

При збільшенні відстані від штреку до секції №167 до 2м, між органом кріпленням та бермовим профілем, за стійками секції ЗКД-90Т №167 викладається кліть із дерев'яних стійок діаметром 0,14-0,16м або шпального бруса l=1,6м.

З боку штреку за допомогою відбійного молотка проводиться розбирання берми двома робітниками на глибину до 0,5м.

Виїмка та кріплення берми, що проводиться попереду вибою, з випередженням вибою лави на відстань не більше 5.0м. Не знижується випередження бермою вибою 10 південної лави - щонайменше 1,2м.

У міру пересування верхньої секції нижня сторона штреку на сполученні з лавою обшивається прогумованим матеріалом.

Перед засувкою приводної головки конвеєра лави проводиться зняття стійки кріплення штреку з боку вибою лави. Після засувки, за конвеєром лави під край верхняка КШПУ-13,6 по нижній стороні штреку, встановлюється дерев'яна стійка. Для запобігання її розколу між стійкою і верхняком встановлюють підкладку з дерев'яної затяжки. У місці установки дегазаційної свічки проводиться відновлення стійок КШПУ-13,6 на трьох рамах кріплення.

З відривом трохи більше 6,0 м від заднього ряду стійок секції ЗКД-90№167 тупикова частина вентиляційного штреку 10 південної лави огорожується органічним рядом із дерев'яних стійок і ізолюється дощатою перемичкою. Перемичка обшивається прогумованим матеріалом.

Встановлюється вентиляційна перемичка з прогумованого матеріалу на задній ряд стійок трьох-п'яти секцій кріплення ЗКД-90Т і по штреку бровки до дощатої перемички, перекриваючи вироблений простір. Роботи з перенесення та зведення вентиляційних споруд проводяться після завершення робіт з кріплення верхнього сполучення лави. Очисні роботи у лаві при цьому заборонено [3].

За оперативними спостереженнями ІТП ділянки, при тріщинуватості порід покрівлі, у лаві та по нижній стороні штреку встановлюються анкера «Ірма» з випередженням очисного вибою не менше 20,0м. Буріння шпурів у лаві проводиться в І (ремонтну) зміну при вимкненому та заблокованому конвеєрі лави та комбайні, відповідно до «Технології робіт із зміцнення нестійких порід покрівлі (нагнітання поліуретанових складів)». На

вентиляційному штреку можливе встановлення анкерів у робочі зміни (II-IV).

Кріплення сполучення лави з 10 південним конвеєрним штреком ухилу пл. m_5^{1B} гор. 450м.

10 південний конвеєрний штрек ухилу пласта m_5^{1B} гор. 450м закріплений металевим шатровим кріпленням, КШПУ-13,6. Боки виробки затягнуті сіткою зтяжкою 1000x1000, покрівля – дерев'яною зтяжкою. Відстань між рамами кріплення 0,8м.

На сполученні встановлюється спеціальне пересувне кріплення сполучення. Пересування кріплення проводиться шляхом перенесення балки (відрізка СВП-27) з глухого кута штреку у бік гирла штреку, з постійним випередженням очисного вибою не менше 70м. При цьому СВП-27 довжиною 3,5 м підвішуються до кріплення штреку відірзками ланцюга калібру 18x64 та з'єднуються замками ЗПК у єдину балку [3].

За енергопоїздом, до глухого кута конвеєрного штреку під балку встановлюються дерев'яні стійки з кроком 0,8м. Від енергопоїзда до кінця балки встановлюються дерев'яні стійки із кроком 1,6м. Стійка встановлюється на лежак із відрізка шпального бруса довжиною 30-40см.

Додатково під кожну раму кріплення від глухого кута конвеєрного штреку до приводу конвеєра лави СП-251 під верхняк кожної рами кріплення встановлюється дерев'яна стійка діаметром 200мм. Стійка встановлюється на лежак із відрізка шпального бруса довжиною 30-40см і розклинюється за допомогою дерев'яного клину.

Після пересування приводу конвеєра лави під край верхняка КШПУ-13,6 по верхній стороні штреку встановлюється дерев'яна стійка. Для запобігання її розколу між стійкою і верхняком встановлюють підкладку з дерев'яної зтяжки.

Допускається посилення сполучення штреку анкерним кріпленням, за спеціально розробленим паспортом. При появі на сполученні лави зі

штреком вивалів необхідно їх закладати клітьми з дерев'яних брусів, елементи яких повинні бути скріплені скобами [3].

Для запобігання обвалу порід покрівлі та травмування робітників на дві секції кріплення ЗКД-90Т заводиться дерев'яний брус 3,8х0,10х0,16 через 0,315м (2 бруси на засувку). Допускається для посилення кріплення сполучення часткова або повна заміна дерев'яного бруса на металевий профіль СВП (22,27,33) $l=4,0$ м залежно від гірничо-технічних умов. Кріплення нижнього сполучення зображено на рис. 2.4.

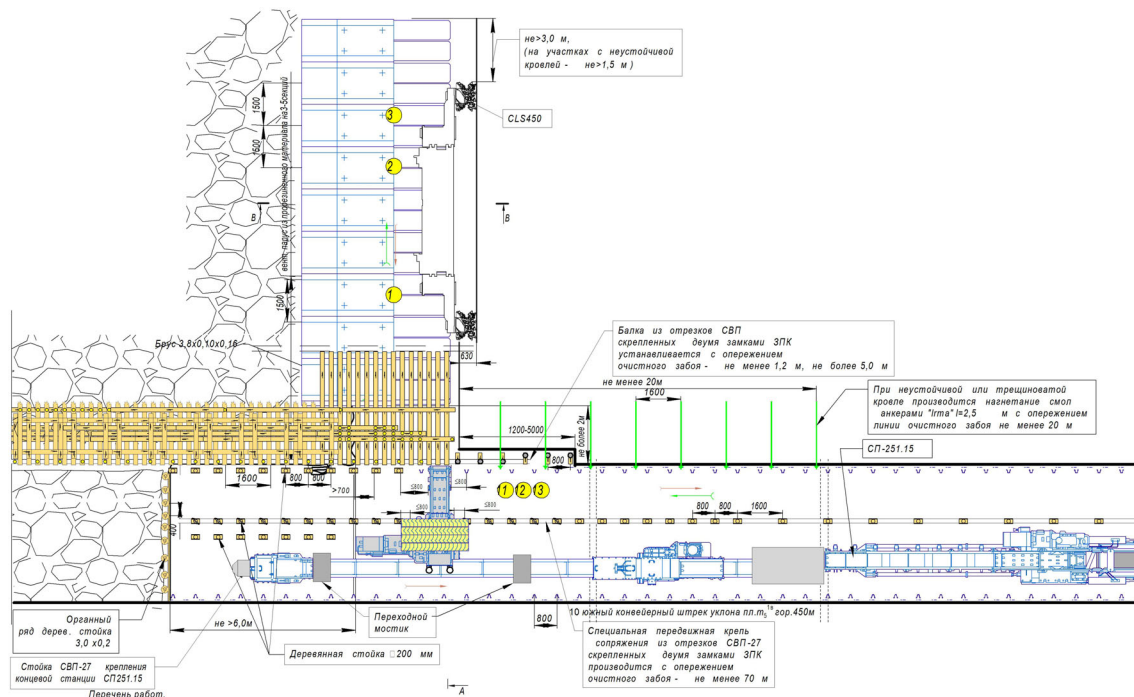


Рисунок 2.4 Сполучення лави з конвеєрним штреком

Перед першою секцією кріплення ЗКД-90Т пробивається органне кріплення під органний брус, крок установки органного кріплення - 0.315м.

Між секцією кріплення ЗКД-90Т №1 та конвеєрним штреком викладається кліть з дерев'яних стійок діаметром 0,12-0,16м або шпального бруса $l=1,4$ м [3].

По брівці встановлюється з випередженням безперервна балка з відрізків профілю СВП-27 довжиною 3,5м, з'єднаних двома замками ЗПКм, для чого проводиться розбирання та кріплення берми. Під балку у бермі

встановлюються гідростійки з кроком 0.8м. У процесі пересування конвеєра, перший ряд гідростійок в бермі витягується, а за конвеєром встановлюються дерев'яні стійки. Крок установки стійок по бермі – 0,8м, за стійками кріплення ЗКД-90Т – 0,8м.

З боку штреку за допомогою відбойного молотка проводиться розбирання берми двома робітниками на глибину до 0,5м.

Виїмка та кріплення берми, що проводиться попереду вибою, з випередженням вибою лави на відстань не більше 5.0м. Не знижується випередження бермою вибою 10 південної лави - щонайменше 1,2м.

У міру подвигання лави проводиться погашення конвеєрного штреку (витягування ніжок кріплення КШПУ-13,6 за допомогою гідродомкрата. Допустима довжина тупикової частини не більше 6,0 м від заднього ряду стійок секції ЗКД-90Т. Огородження конвеєрного штреку шляхом пробивання під верхняк рамного кріплення штреку дерев'яних стійок через 0,4 м. Потім органний ряд обшивається дошкою та прогумованим матеріалом [3].

Встановлюється вентиляційний парус з прогумованого матеріалу на задній ряд стійок трьох-п'яти секцій кріплення ЗКД-90Т і по штреку бровки до дощатої перемички, перекриваючи вироблений простір.

Роботи з перенесення та зведення вентиляційних споруд проводяться після завершення робіт з кріплення нижнього сполучення лави.

Зведені показники роботи дільниці представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Основні гірничотехнічні показники виїмкової ділянки [3]

Показник	Значення
Промислові запаси вугілля, тис.тон	851
Експлуатаційні втрати, тис.тон	13,0
Довжина лави, м	251
Проектна довжина виїмкового поля, м.	1160
Система розробки	стовпова
Напрямок відпрацювання лави	по простиранню
Напрямок руху вибою	зворотній ход

Спосіб керування покрівлею	Повне обвалення
Спосіб виймання ніш	-
Спосіб доставки вугілля	конвеєрний
Тип мехкомплекса	ЗМКД-90Т
Тип забійного конвеєра	СП-251
Тип виймальної машини	CLS450
Кількість виймальних машин	1
Вид транспорту вугілля по конвеєрному штреку	СП-251.15 1Л-1000КП
Навантаження на лаву, т/добу:	
по нормативу	3117
по газовому фактору	2540
прийняте	2540
Число днів роботи очисного вибою по видобутку в місяць, Днів	30
Число циклів в добу, циклів	5,4
Подвигання очистного вибою, м:	
а) за цикл	0,63
б) в добу	3,4
в) в місяць	96
Видобуток, т	
а) з цикла виймання	468
б) в добу	2540
в) в місяць	76200

Проведений аналіз вказує на те, що в цілому гірнича техніка, яка використовується в лаві, задовольняє сучасному технічному рівню. Про це також свідчить достатньо високий для вітчизняних шахт добовий видобуток 2540 т/добу. Шахта працює за традиційною для підприємства стовповою системою розробки з зворотноточним провітрюванням і погашенням обох штреків за лавою і проведенням вент штрека вприсічку до відпрацьованого раніше виїмкового поля. З одного боку це дозволяє швидко відпрацьовувати поле, а з іншого обумовлює витрати на проведення присічного штрека. Окрім цього, згідно шахтного паспорту в лаві є обмеження на видобуток вугілля за газовим чинником (табл. 2.2). Добові втрати вугілля через вказане обмеження сягають близько 600 т/добу, тобто близько 23%. Таким чином, якщо не проводити заміну обладнання, а лише змінити технологічну схему

робіт, можна підвищити ефективність роботи лави, яка буде виражена в виключенні проведення присічної виробки і збільшенні добового видобутку приблизно на 23%.

Для досягнення цих завдань слід передбачити повторне використання конвеєрного штрека в якості вентиляційного для розташованої нижче лави.

3 Аналіз світового досвіду використання технологічних схем очисних робіт з повторним використанням штреків

3.1 Загальний опис стану питання

За останні десятиліття у вуглевидобувну промисловість Китаю, ПАР, Австралії, США, Польщі і ін. країн було підвищено впровадження безціликових систем розробки. Такі системи розробки вже більше тридцяти років використовуються в Донбасі, але в світі їх використання було вкрай низьке. Це в першу чергу обумовлено гірничо-геологічними умовами відпрацювання вугільних родовищ. Переважно в ПАР, Австралії, США використовувались двоштрекові і трьохштрекові системи розробки, які передбачають залишення ціликів. Як правило в таких системах не було проблеми з вентиляцією (через наявність декількох виробок для подачі і відведення повітря), тому, зазвичай, використовувались зворотньооточні схеми провітрювання (рис. 3.1).

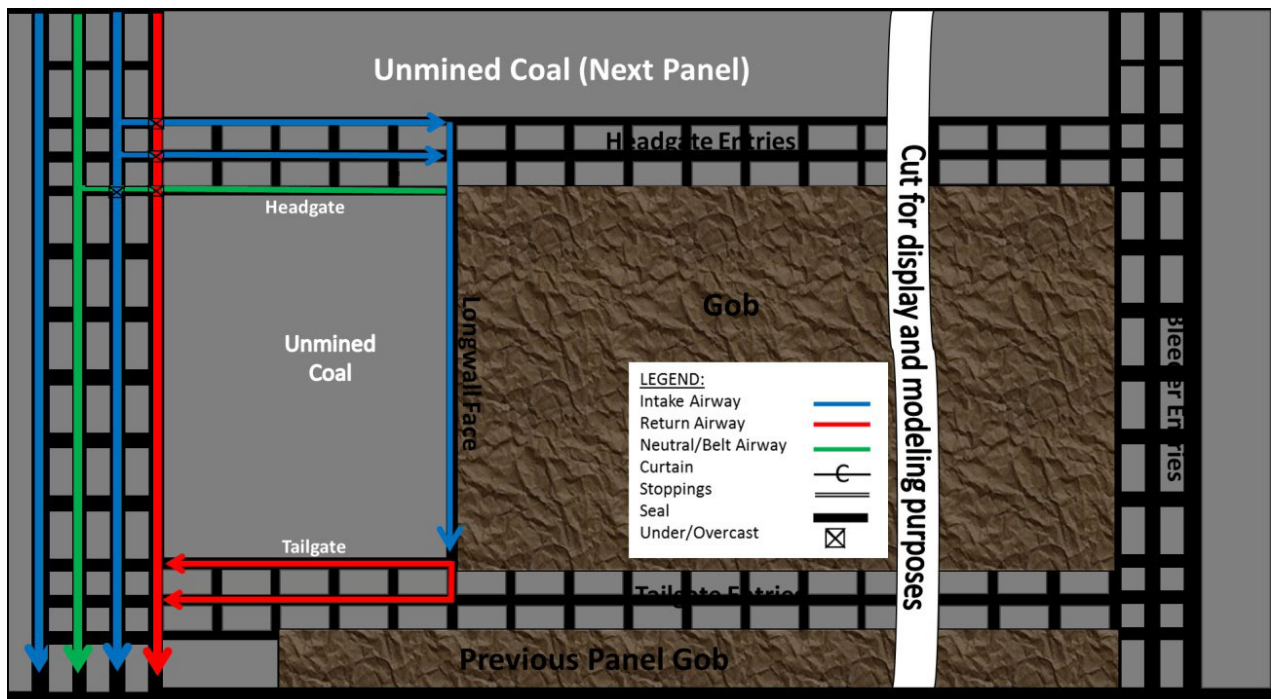


Рисунок 3.1 Зворотньооточна схема провітрювання виїмкових панелей при трьохштрековій підготовці [4]

Відпрацювання пластів вугілля в зазначених країнах вели на невеликій глибині робіт при потужностях пластів, що порівняні з висотою підготовчих виробок. Тому при проведенні підготовчих виробок забезпечувався попутний видобуток, а проблем з стійкістю штреків не виникало. З однієї лави при такій технологічній схемі видобувалось 10-15 тис. т вугілля.

По мірі відпрацювання запасів роботи поступово перейшли на більші глибини. З підвищенням глибини робіт збільшувалась і метаносність вугілля і вміщуючих порід. Тому, щоб забезпечити необхідний видобуток вугілля, почали впроваджувати системи з прямоточним провітрюванням (рис. 3.2).

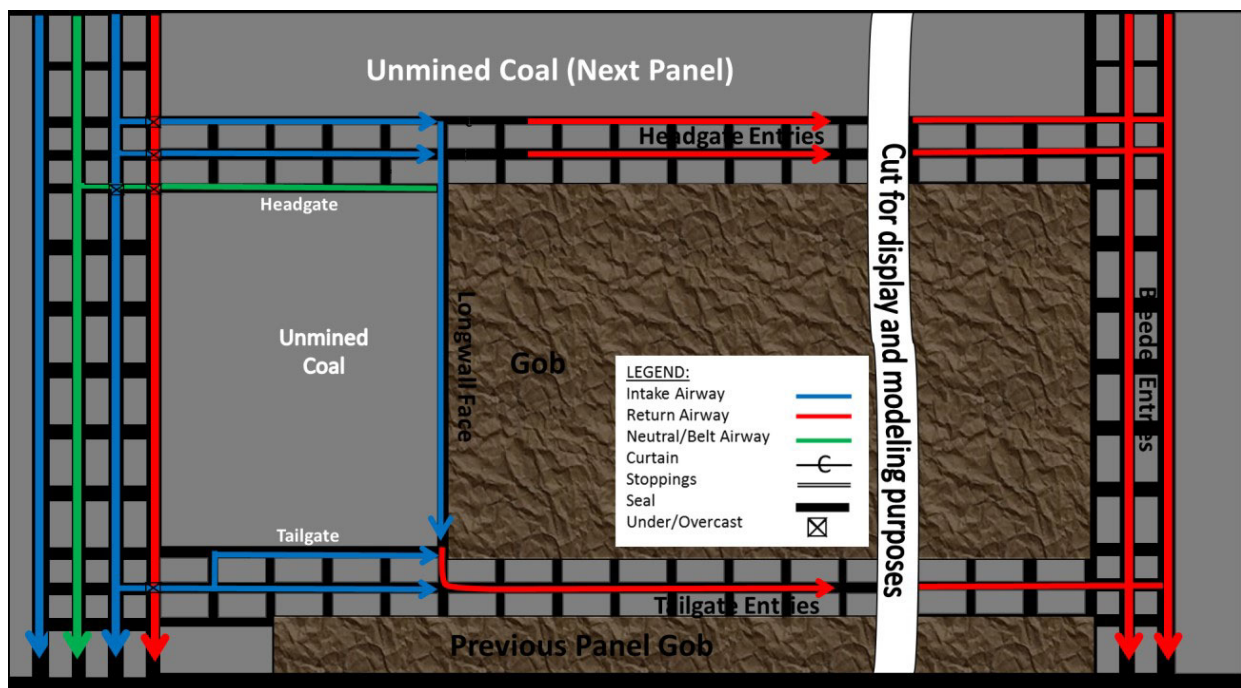


Рисунок 3.2 Прямоточна схема провітрювання виїмкових панелей при трьохштрековій підготовці [4]

Перехід робіт на більш великі глибини зумовив необхідність додаткової дегазації пластів, а згодом і необхідність вирішення проблем з стійкістю підготовчих штреків.

Дегазація пластів в США і Австралії ведеться за трьома напрямками: шахтна дегазація пласта через свердловини, шахтна дегазація виробленого простору через трубопроводи, дегазація з поверхні через свердловини (рис. 3.3).

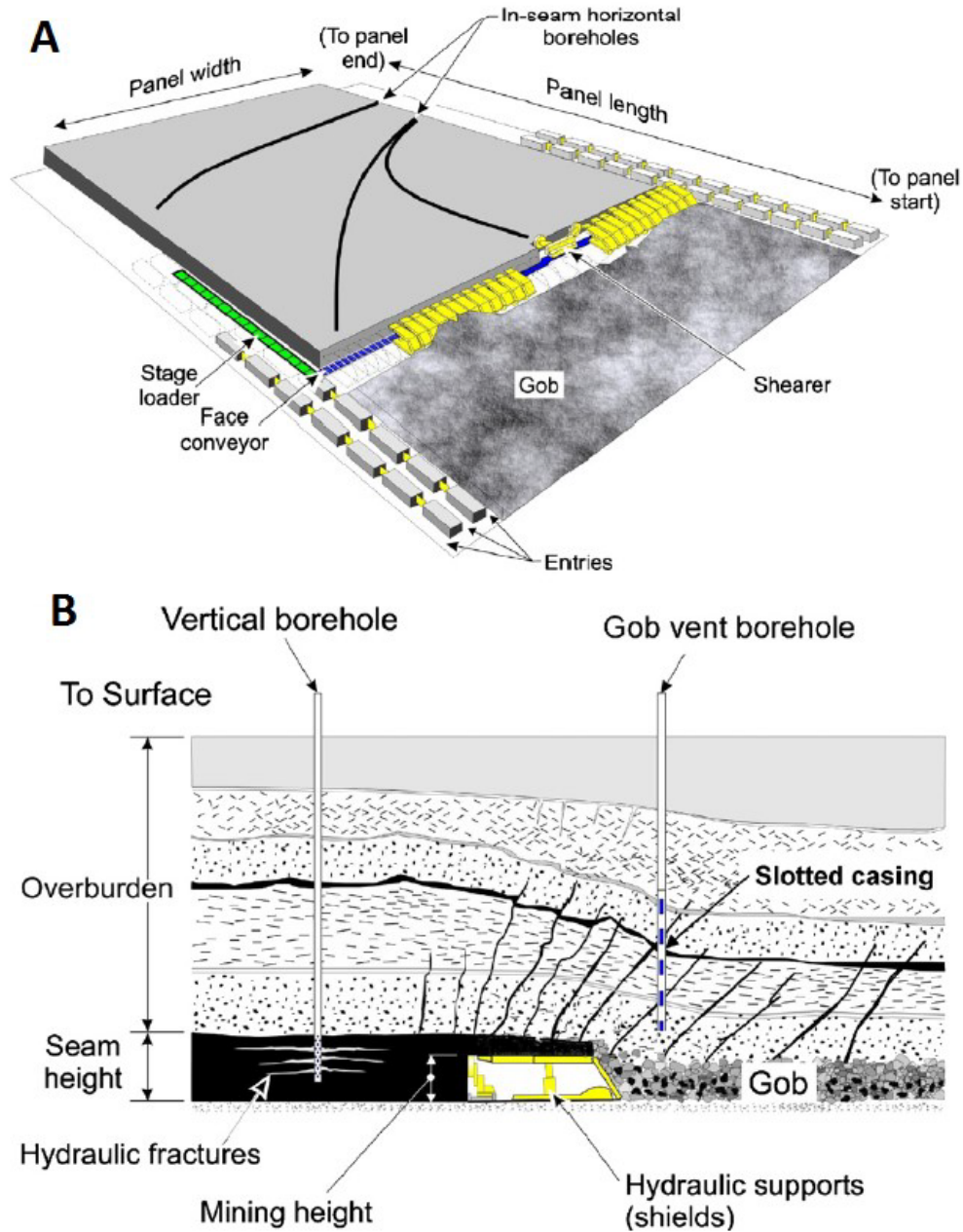


Рисунок 3.3 План дегазації (А) лави та вид у поперечному розрізі (Б) [4]

Традиційними для країн Європи і КНР є технологічні схеми з одноштрековою підготовкою виїмкових полів. На невеликих глибинах такі схеми працювали спочатку з залишенням ціликів.

Технологічна схема, що складається з трьох лав, які відпрацьовуються традиційною ціликовою одноштрековою системою, показана на рисунку 3.4 а. Лаву обслуговують дві підготовчі виробки конвеєрний штрек для робіт та обладнання та вентиляційний штрек для зворотнього повітря. Вугільний пласт поділено на три виїмкові поля з бар'єрними вугільними ціликами між ними. Вугільний цілик із проектною шириною зарезервовано для врівноваження розкритих порід і для захисту входу в лаву.

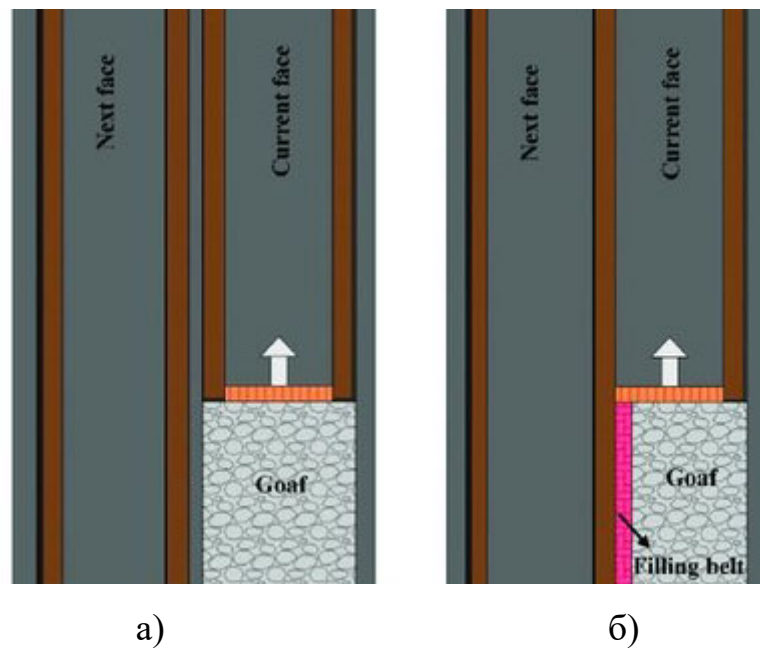


Рисунок 3.4 Одноштрекова система розробки вугільного пласта а) ціликова (англ. 121 mining method), б) з охороною виробок штучною полосною (англ. filling mining method) [5]

Зарезервований цілик також служить для ізоляції виробленого простору, щоб запобігти потраплянню шкідливих газів з виробленого простору в штреки. Однак ріст напружень в навколишньому масиві і вугільних ціликах, спричиняє такі проблеми, як велике деформаційне руйнування порід.

Статистика початку двадцять першого століття показує, що 80–90% аварій при підземному видобутку вугілля відбувалися в штреках, серед яких понад 80% – у виробках, що охороняються ціликами.

Як вже зазначалось вище, протягом останніх десятиліть поступово розвивались безціликові методи видобутку.

Безціликовий видобуток розвивався через концепцію створення «штучних ціликів» - створення охоронних конструкцій з штучних матеріалів (рис. 3.4 б). Цей напрямок довгий час був основним при використанні безціликових систем. Найбільшого успіху в цьому напрямку було досягнуто у германській вугільній промисловості. Саме там була започаткована технологія біляштрекових полос з швидкотвердіючих матеріалів. В якості охоронних конструкцій використовувались різні споруди: костри, блоки БЗБТ, литі смуги і т.п. По суті режим роботи цих конструкцій і визначав стійкість виробок, що повторно використовуються. В цьому напрямку проведено значні дослідження, що включають вивчення матеріалів для закладки, а також конструкцій і параметрів самих споруд.

Останнім часом активно розвивається нова технологія безціликового виймання, що була започаткована у Китаї проф. Zhang [6]. Спосіб безціликового видобутку без використання штучних матеріалів (т.з N00 mining method) інноваційно змінив безціликове виймання. Спосіб зображений на рис. 3.5.

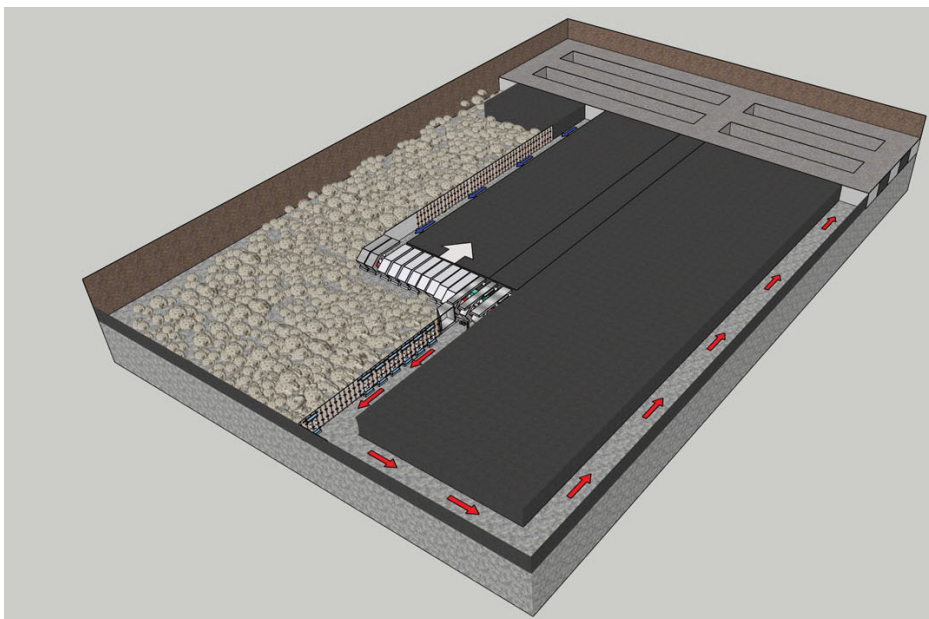


Рисунок 3.5 Одноштрекова безціликова система розробки вугільного пласта (англ. N00 mining method)

Як показано на рис. 3.5, головні виробки (похил і хідники) є аналогічними традиційній безціликовій системі. При цій технологічній схемі один штрек проводиться за лавою і підтримується для повторного використання другий штрек погашається за лавой. В цій системі не залишається вугільних стовпів, і швидкість видобутку зростає. Метод видобутку N00 в основному включає наступні удосконалення техніки. По-перше, вдосконалений очисний комбайн використовується для оформлення штрека, що проводиться за лавой. По-друге, спрямоване різання покрівлі виконується біля бічної сторони штреку, щоб відрізати шлях передачі напружень гірничих робіт між покрівлею.

Основні відмінності інноваційної N00 mining method та традиційного безціликового видобутку полягають у тому, що:

- 1) немає попередньо проведеного штрека, він створюється прохідницьким комбайном;
- 2) зберігання виробки за лавою без створення штучної опори.

Метод видобутку N00 є одним з останніх методів безціликового видобутку, і цей метод має такі переваги: зменшений коефіцієнт проведення виробок, підвищений коефіцієнт вилучення ресурсів, зниження технологічної складності підготовки і збереження виробок.

Ключовою технікою цього методу є попередній розріз основної покрівлі, а плоска конструкція та ефект показані на рис. 3.6.

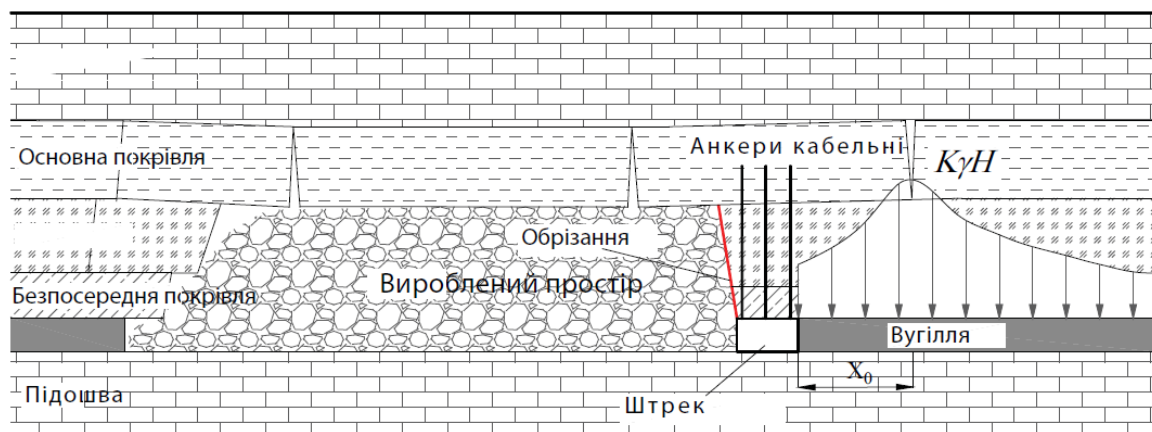


Рисунок 3.6 Схема N00 mining method

Положення свердловини, що створює лінію різання покрівлі знаходиться на боковій стороні вгору, що роз'єднує перехід напружень в породи основної покрівлі. Після попередньої розрізки покрівлі та відпрацювання вугільного пласта на видобутій ділянці під дією сили тяжіння породи основної покрівлі обвалюються. Після чого зруйновані породи будуть розширюватися, утворюючи підбутовку. З іншого боку, інша сторона розрізаної покрівлі утворює коротку консольну балку, яка може простягатися у вугільний пласт для наступний цикл видобутку. Консольна балка (тобто покрівля виробки) стане стійкою під опорою за рахунок додаткового кріплення наприклад анкерами, або гідростійками. Також опорний тиск передається на вугільний пласт наступної лави. Приклад кріплення штреку при такій системі зображено на рис. 3.7.

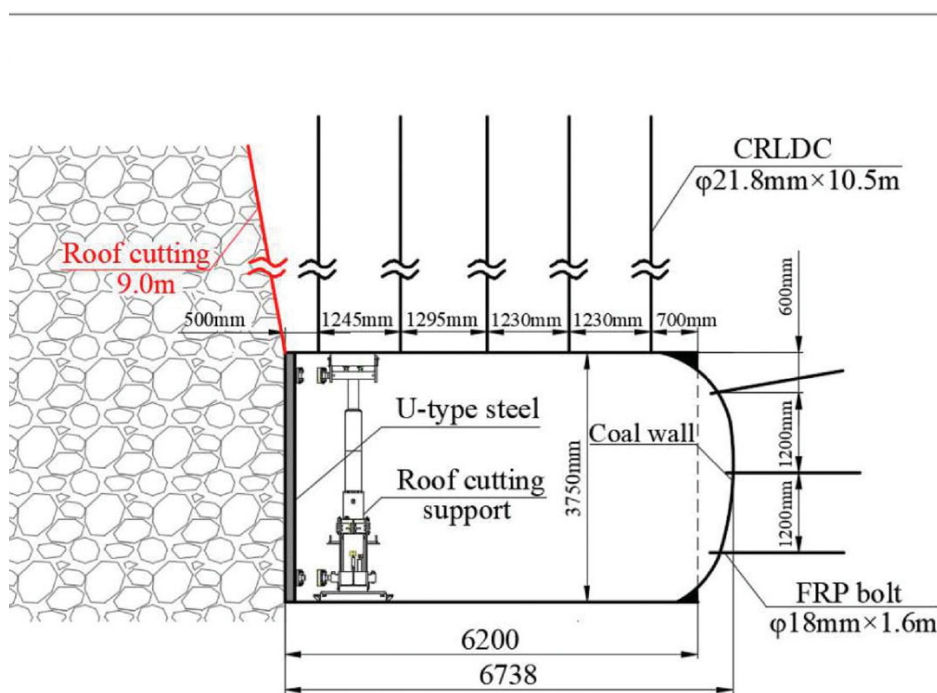


Рисунок 3.7 Схема кріплення штреку при реалізації N00 mining method

Проведений аналіз існуючих технологій виймання вугілля лавами дозволяє стверджувати перспективність безціликових технологій при одноштрековій підготовці. Проте після аналізу гірничо-геологічних умов було

зроблено висновок, що найбільш інноваційний спосіб N00 mining method не може бути використаний в умовах українських шахт, зокрема на ш. Добропільське, через те, що при його реалізації необхідно виконувати руйнування порід основної покрівлі за допомогою буро-підривного способу. Проте згідно з діючими в Україні нормативами в вугільному секторі буровибухові роботи на газоносних пластах на межі з виробленим простором заборонені. Дозволяється лише передове торпедування порід в недоторканому масиві. Тому для подальшого розгляду доцільно прийняти до використання технологію відпрацювання пласта з повторним використанням виробок і їх охороною біляштрековими смугами з штучних матеріалів. Таке рішення в цілому відповідає сучасним трендам в гірництві. При реалізації такої технології основним засобом забезпечення її ефективності є охоронні споруди на межі з виробленим простором.

3.2 Існуючі способи охорони виїмкових штреків

Досі на шахтах України досить широке поширення мають породні бутові смуги. До переваг цього способу охорони відноситься залишення породи в шахті. Однак спорудження бутових смуг вручну дуже трудомістке, а їх податливість, при цьому, досягає 60% від потужності пласта, що виймається. Це знижує ефективність застосування цього виду охоронного огороження з погляду стійкості штреків. В результаті інтенсивних зсувів масиву, що перевищують конструктивну податливість рамного кріплення, відбуваються деформації її елементів і, як наслідок, істотна втрата перерізу виробки [7].

Охорона виробок бутовими смугами найефективніша при їх спорудженні з використанням спеціального обладнання – барабанних закладних машин ДЗМ або закладних комплексів типу «Титан» [8]. У цьому випадку забезпечується висока щільність закладки з коефіцієнтом 0,7-0,75, що сприяє створенню досить щільних широких породних опор [9, 10] і дозволяє знизити опускання покрівлі на ділянці, що підтримується, на 25-30 %. При

використанні ДЗМ або «Титан» порода від проходки виїмкового штреку, або із спеціально проведеного бутового штреку (залежно від схеми розробки) транспортується скребковим конвеєром-перевантажувачем, або вручну, в дробарку, звідки стисненим повітрям трубами $\varnothing 0,15$ м подається до місця закладки. Знизу по падінню пласта бутова смуга огорожується дворядним органічним кріпленням. При цьому для зниження пилоутворення потрібно зрошення подрібненої породи водою. Використання цього способу спорудження охоронної смуги шириною 12 м при відпрацюванні пл. h_7 на ш. «Шахтарська-Глибока» показало значно кращі результати, ніж при охороні штреку дерев'яними клітьми шириною 1,5 або 2 м із круглого лісу або шпального бруса у поєднанні з чураковими ізоляційними стінками шириною 0,8-1,2 м [11]. Однак реалізація даного способу вимагає додаткового обладнання, а технологія дуже трудомістка і стримує процес видобутку вугілля.

Дослідниками [12] розроблено спосіб охорони виробок обваленими з покрівлі породними блоками. Сутність способу полягає в наступному: попереду вибою лави вздовж межі виробки за допомогою БВР створюється площина розколу порід таким чином, щоб не було порушено ні контуру виробки, ні породи покрівлі з обох боків площини розколу. Після цього смугу покрівлі шириною 2-3 м, що примикає до площини розколу, анкерують на глибину, рівну потужності пласта, що забезпечує обвал зміцненої смуги порід покрівлі за секціями кріплення у вигляді блоків, які охороняють виробку від тиску обрушених порід (рис. 3.8а). Експериментальна перевірка даного способу, порівняно з охороною тієї ж виробки органічними рядами, показала зниження конвергенції виробки в 5-10 разів у зоні активних зсувів і в 8-15 разів - в зоні зсувів, що встановилися. Реакція стійок кріплення, що не перевищувала 290 кН. Проте реалізація запропонованої технології вимагає виконання великого обсягу бурових та вибухових робіт з обвалу породних блоків, а сам процес укладання блоків складний в управлінні.

Найбільшого поширення при охороні штреків, на даний момент, мають конструкції на основі лісоматеріалів - різні модифікації кострів (рис. 3.8б), органне кріплення, чуракові стінки і т. д.

Основними їх недоліками є низькі механічні характеристики, схильність стійок органного ряду до поломки, повільне наростання опору та значна податливість кострів та чуракової стінки. Межа міцності сосни (сорт дерева, що найчастіше застосовується в шахтах) на стиск уздовж волокон становить, в середньому, 40-42 МПа, а поперек - 1,8-3,2 МПа. Однак у реальних шахтних умовах (при підвищених температурі та вологості, а також з урахуванням неправильних геометричних форм) параметри міцності дерева істотно нижче.

Російськими дослідниками на ш. «Зорянівська» в Кузбасі, а також на шахтах Печерського басейну встановлено [13], що дерев'яні стійки органного кріплення працюють вкрай нерівномірно. При розрахунковій несучій здатності 8-ми стійок на 1 м дворядного органного кріплення 1000-1200 кН фактична реакція відсічі не перевищувала 320 кН. При цьому під дією додаткового бічного тиску від обрешених порід на відстані 25-40 м за лінією вибою спостерігалось до 40% полонів стояків.

Найбільшого опору дерев'яні костри досягають при усадці на 50% і більше. В результаті цього, залишковий переріз виробок, що охороняються, за зоною активних зсувів становить 45-65 % від проектного значення. Такі виробки, вимагають перекріплення не менше 2-х разів за весь період їх експлуатації. Це пов'язано з тим, що деревина витримує порівняно невеликі навантаження, активно взаємодіє з вологою, схильна до гниття, грибків і бактерій, погіршує свої властивості міцності при підвищенні температури вище 20 С⁰.

Основною перевагою лісоматеріалів є відносно невисока ціна. Однак, з урахуванням їх великої витрати, а також суттєвих матеріальних та трудових витрат на відновлювальні роботи, використання деревини як основного матеріалу при охороні штреків є економічно недоцільним. Також важливе значення має екологічний аспект – тривалий цикл природного відтворення.

З метою економії лісових матеріалів ДонНДІ запропоновано спосіб охорони виробок за допомогою накатних кострів, що викладаються з породних стійок [14].

Стійка складається з рукавної тканини високої міцності, яку відрізками по 1,2 м заповнюють породою, лабораторні дослідження показали високу несучу здатність стійки (рис. 3.8 в). Проте, за визначенням авторів, вартість такої конструкції невисока і вона може бути використана як окрема опорна споруда в найскладніших умовах.

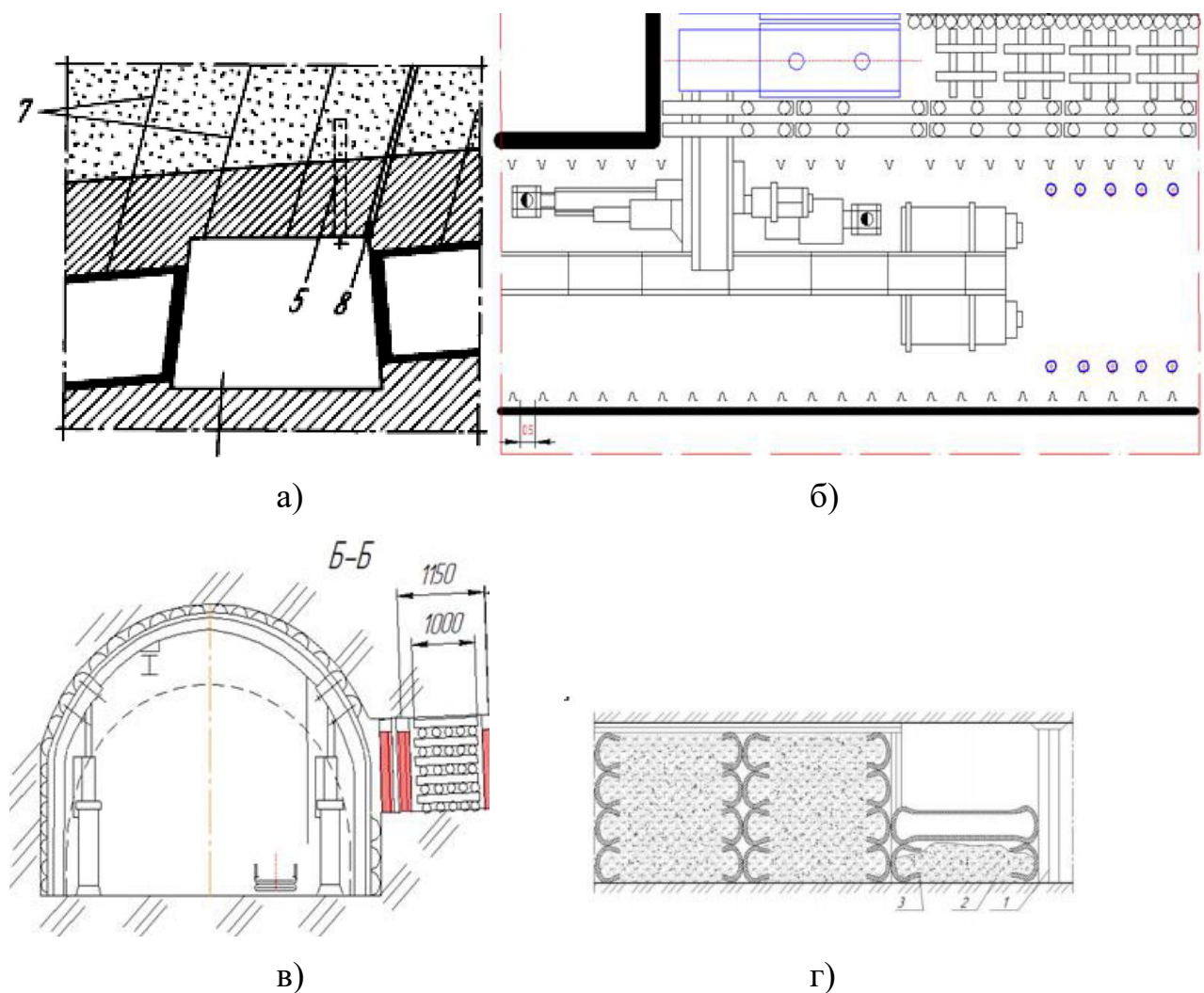


Рисунок 3.8 Способи охорони виїмкових виробок

а) великими породними блоками; б) кострами; в) накатними породними стойками; г) конструкціями з покриттів і породи

В інституті ПечорНДІпроект з метою зниження витрат на охорону виїмкових штреків, запропонований спосіб, що передбачає використання відпрацьованих автомобільних покришок (рис. 3.8 г). Технологія реалізації способу полягає в тому, що у виробленому просторі вздовж сполучення укладаються старі покришки, всередину яких засипається порода та вугільно-породний штиб. Натурні спостереження показали можливість їх застосування для охорони виробітку [15]. Однак при цьому не вирішено питання технології заповнення покришок породою в їхньому верхньому ряду.

У вугледобувній галузі для зниження деформування підробленої покрівлі вугільного пласта також прийнято застосування жорстких охоронних конструкцій. Використання бетону як основного матеріалу для даних конструкцій почалося десятиліття тому. Проведені дослідження з охорони штреків залізобетонними блоками показали добрі результати [16].

На шахті «Сухівська» ВО «Торезантрацит» 5-й відкатний штрек пласта h_4 за суцільною системою розробки охоронявся ціликом вугілля шириною 12-15 м.

Виймана потужність пласта - 1,1 м, кут падіння 19-22 °. Безпосередня покрівля – глинистий сланець, основна покрівля – піщаник, підшва – піщано-глинистий сланець. Глибина розробки – 400 м. За двадцять метрів за лавою кріплення виробки повністю деформувалося. Виникла необхідність застосування раціональнішого способу охорони штреків [17]. Цілики вугілля були замінені двома суцільними рядами тумб із залізобетонних блоків, які встановлювалися на відстані 1,5 м від ніжок кріплення. При установці тумб без дерев'яних прокладок між блоками вони були повністю зруйновані. Укладання прокладок дозволило зберегти цілісність залізобетонних блоків, проте при цьому збільшилася усадка охоронної смуги за рахунок зминання прокладок. Витоки повітря у вироблений простір виявилися такими ж, як при охороні виробки ціликами вугілля. Зміщення досягли 200 мм. З охоронної системи ціликів додатково вийняли 10 тис. т вугілля. Таким чином, на невеликих глибинах, при середній стійкості безпосередньої покрівлі та потужних

піскови́ках в основній покрівлі, охорона штреку бетонними тумбами дає позитивні результати. Недоліком цього способу охорони є відсутність механізації будівництва охоронної споруди.

На шахті «Комсомо́лець До́нбасу» об'єднання «Шахтарська́нтрацит» при розробці пластів l_4 і l_7 потужністю 1,1 м з кутом падіння $5-10^0$ на глибині 450-650 м конвеєрні штреки, що підтримуються на кордоні з виробленим простором, охоронялися спочатку двома рядами бетонних тумб у поєднанні з дерев'яними кострами [18]. Покрівля була представлена глинистим сланцем потужністю 4-11 м, міцністю 50 МПа, а підшва – піщаним сланцем потужністю 3-7 м, міцністю 50-70 МПа. Спостереження показали, що деформації породи інтенсифікувалися з відривом 10-20 м позаду лави, у результаті площа поперечного перерізу штреків в 50 м за очисним вибоєм зменшилася, загалом, на 55% від проектного значення. Зведення за рядами бетонних тумб породної смуги різної ширини також не дало позитивного ефекту – збільшилося видавлювання порід у виробку.

Значні деформації при охороні тумбами та бутовою смугою зумовлювали необхідність ремонтних робіт позаду лави. Незадовільний стан штреків та великі трудовитрати на доставку та укладання блоків призвели до відмови шахти від застосування бетонних тумб.

Визначення міцності бетонних тумб проведено авторами роботи [19]. Досліджувалися найбільш широко застосовувані типи даного кріплення – БЖБТ-6 та БЖБТ-7 розмірами, відповідно, 500x400x150 мм та 800x400x100 мм, масою – 50 та 75 кг. При питомій несучій здатності одного блоку на рівні 40 МПа, максимальна несуча здатність тумби з бетонних блоків не перевищувала 10 МПа. Це руйнуванням бетону на контакті окремих блоків. За наявності податливих дерев'яних прокладок між блоками, здатність тумби, що несе, зростає в 1,1-1,4 рази. Однак прокладки істотно збільшують усадку тумб при їх навантаженні.

Як альтернативний варіант смуг з бетонних тумб автори роботи [20] запропонували використання смуг з бетонних напівблоків.

Недоліком блоків є значна маса (45-60 кг), що ускладнює спорудження смуг в умовах обмеженого привибійного простору. Розмір напівблоків становить 0,30 х 0,15 х 0,09 м, а маса - 10 кг. Застосування цього способу на ш. «Щеглівська-Глибока» ШУ «Донбас» показало, що вертикальна та горизонтальна конвергенція знизилася відповідно у 2,2-2,8 та 1,6-1,8 рази в порівнянні з виробками, що охороняються бутовими смугами. Недоліком способу є відсутність прокладок між шарами напівблоків, що зумовлює виникнення концентрації напруги на стиках шарів і руйнування охоронної смуги.

У роботі [21] запропоновано спосіб охорони виїмкових штреків, що передбачає використання розпирного кріплення у вигляді гідравлічних стійок по обидва боки литої бетонної смуги для її запобігання руйнуванню до моменту набору необхідної міцності. Дане кріплення створює рівномірний розпір порід покрівлі-підшви вугільного пласта із зусиллям 1500-3000 кН на погонний метр виробки. Після затвердіння бетону розпірне кріплення має витягуватися для повторного використання, проте технологія даного процесу авторами не відпрацьована - особливі труднощі створюються при вилученні низки стійок з боку виробленого простору.

На шахті №12 «Похила» об'єднання «Донецьквугілля» на пласті h₄ виробки охоронялися литою смугою на основі фосфогіпсового в'язучого. Потужність пласта 1,5 м, кут падіння 5-8°, глибина 600 м. Безпосередня покрівля – аргіліт (потужність 4 м, міцність 27 МПа), основна – алевроліт (потужність 5 м, міцність 39 МПа) та піщаник великої потужності; підшва - алевроліт (потужність 7 м, міцність 40 МПа). Конвергенція 45 м за лавою склала 220 мм. Штрек придатний до повторного використання [22].

Аналіз різних способів охорони виїмкових штреків показав, що найбільш ефективним у різних гірничо-геологічних умовах є застосування міцних жорстких смуг. Тільки цей вид охоронних споруд дозволяє забезпечити повторне використання виробок. Тому слід провести дослідження досвіду використання бетонних литих смуг.

3.3 Аналіз досвіду використання литих смуг

Зарубіжними авторами [23, 24] проводилися дослідження ефективності застосування литих смуг з різних сумішей. Установлено, що важливим параметром полос є жорсткість. Жорстка охоронна смуга бере на себе основне навантаження від підробленої покрівлі та сприяє обрізанню порід при посадці покрівлі у виробленому просторі. Тому, позаду забою лави, ключовою ланкою забезпечення належної стійкості виїмкових штреків стає жорстка бетонна смуга.

У роботі [25] стверджується, що для охорони виїмкових виробок за лавою з метою їх повторного використання найбільш ефективним є спосіб, що передбачає зведення у виробленому просторі литих смуг.

Додавання литої смуги до складу комбінованої охоронної системи відповідає принципу її наростаючого опору. Принцип попередження деформацій має реалізовуватись мінімальним відставанням зведення смуги від лінії вибою, до появи суттєвих розшарування покрівлі пласта над виробленим простором.

У роботі [26] до переваг литих жорстких смуг відносять їхню високу несучу здатність, безпеку робіт на сполученнях з очисними вибоями та гарну ізоляцію виробленого простору. Основний ефект полягає в розвантаженні гірського масиву від напружень, спричинених впливом очисних робіт, шляхом обрізання консолі порід, що зависли.

Використання авторами роботи [27] литої смуги дозволило за складних умов забезпечити стійкість штреків з їх повторним використанням, і навіть реалізувати схему прямоточного провітрювання. Проте не завжди використання однорядної литої смуги було ефективним [28]. Аналіз результатів натурних досліджень [29] показав, що причини, що визначають зниження ефективності литої смуги, можна розділити на категорії [30]:

- відступи від рекомендованої технології зведення смуги;
- обумовлені технологіями проведення робіт на окремих ділянках;

– зумовлені геологічним будовою породного масиву.

Серед геологічних факторів, що впливають на ефективність підтримки штреків, автори [31] виділяють властивості порід підосви та основної покрівлі вугільного пласта. Від категорії обрушуваності покрівлі залежить довжина консолі порід, що зависають у виробленому просторі лави. При важкообвалюваній покрівлі спостерігається збільшення тиску на охоронну конструкцію і кріплення штреку. Крім цього, навантаження через біляштрекову смугу передається на породи підосви виробтки, інтенсифікуючи їх пучення.

Співробітниками ІГТМ НАНУ проведено комплексні дослідження на шахті «Червоноармійська-Західна №1» [32]. У цих умовах породи підосви представлені алевролітами, схильними до розмокання. Технологічний процес зведення литої смуги зумовлює зволоження підосви. На незначній відстані за лавою (близько 30 м), лита смуга починає працювати як жорсткий штамп, стимулюючи процес пучення у виїмковому штреку.

Маркшейдерськими вимірами визначено динаміку змін форми виробки при відході лави. Віб्रोакустичною діагностикою оцінено в якісному плані характер розподілу навантаження на елементи рамного кріплення.

Дослідження виконані в п'яти виробках, що відрізняються схильністю покрівлі до обрушення. Встановлено, що ефективність литої смуги знижується в міру погіршення покрівлі, що обрушується. Авторами зроблено висновок, що вирішення даної проблеми можливе шляхом застосування комбінованих систем, що включають рамно-анкерне кріплення у поєднанні з литою смугою.

З урахуванням практичного досвіду зведення однорядної литої смуги, а також результатів математичного та фізичного моделювання, авторами роботи [25] запропоновано кілька варіантів конструкцій смуги для покрівель з різним ступенем обрушення. При виборі деформаційно-силових характеристик смуги виходили з рекомендованої у роботі [33] величини її відносної деформації по висоті h (табл. 3.1).

Посилення однорядної литої смуги здійснюють заміною одинарного ряду органки з боку відпрацьованого пласта подвійним рядом, а також додаванням третього ряду здвоєного органного кріплення, віддаленого у глибину виробленого простору. Ширину смуги приймають рівної потужності h пласта. Відстань між другим і третім рядами органки - 0,8-1,0 м.

Перекриття зазору між покрівлею та смугою здійснюють брусом товщиною до 150 мм. Запропонована конструкція литої смуги найефективніша при інтенсивному подвиганні очисного вибою. За рахунок перерозподілу навантажень на органне кріплення на початковому етапі твердіння смуги, вона встигає набрати необхідну міцність до підходу зони опорного тиску за лавою.

Дворядна смуга рекомендована для охорони повторно використовуваних штреків у важких гірничо-геологічних умовах [33]. Обидва ряди смуги бетонні, але різножорсткі. Жорстка смуга, що сприймає навантаження від покрівлі пласта, повинна бути віддалена від штреку на відстань трохи більше 4,5 м.

Податливу смугу розташовують із боку штреку, впритул до жорсткої (для створення бічного підпору). Міцні, пружні та деформаційні характеристики її матеріалу повинні бути близькими до відповідних характеристик порід підосви пласта.

Таблиця 3.1 - Критерії вибору конструкції литої смуги

Основна покрівля	Відносна вертикальна деформація ϵ		Питоме навантаження F_y , МН/м	Конструкція литої смуги
	$h < 1,5$ м	$h > 1,5$ м		
легкообвалювана	0,20-0,25	0,15-0,20	до 70	однорядна
середньообвалювана	0,15-0,20	0,10-0,15	70 - 100	посилена однорядна
важкообвалювана	0,10-0,15	0,05-0,10	100 - 150	дворядна

Авторами роботи [34] при дослідженні властивостей міцності бетону для литих смуг, встановлено, що спадаюча гілка діаграми деформування зразків має

різкий характер. Утворюється блокова структура, внаслідок чого подальше підвищення в часі міцності матеріалу вже практично не збільшує несучу здатність конструкції. Необхідно, щоб збільшення міцності бетону випереджало зростання навантаження на смугу. Ця умова часто не виконується на видобувних ділянках з високою швидкістю лави.

На основі експериментальних даних доведено, що існує гранично допустима швидкість лави, при перевищенні якої матеріал литої смуги не встигає набирати міцність і відбувається її руйнування.

Таким чином, для ефективної роботи охоронної конструкції повинні дотримуватися наступні умови: - мінімальне відставання фронту зведення смуги від вибою лави; часткове розвантаження литої смуги на початковому етапі її твердіння; використання буферних елементів для вирівнювання тиску смугу; примусове обмеження поперечних деформацій смуги у режимі її позамежного деформування [34].

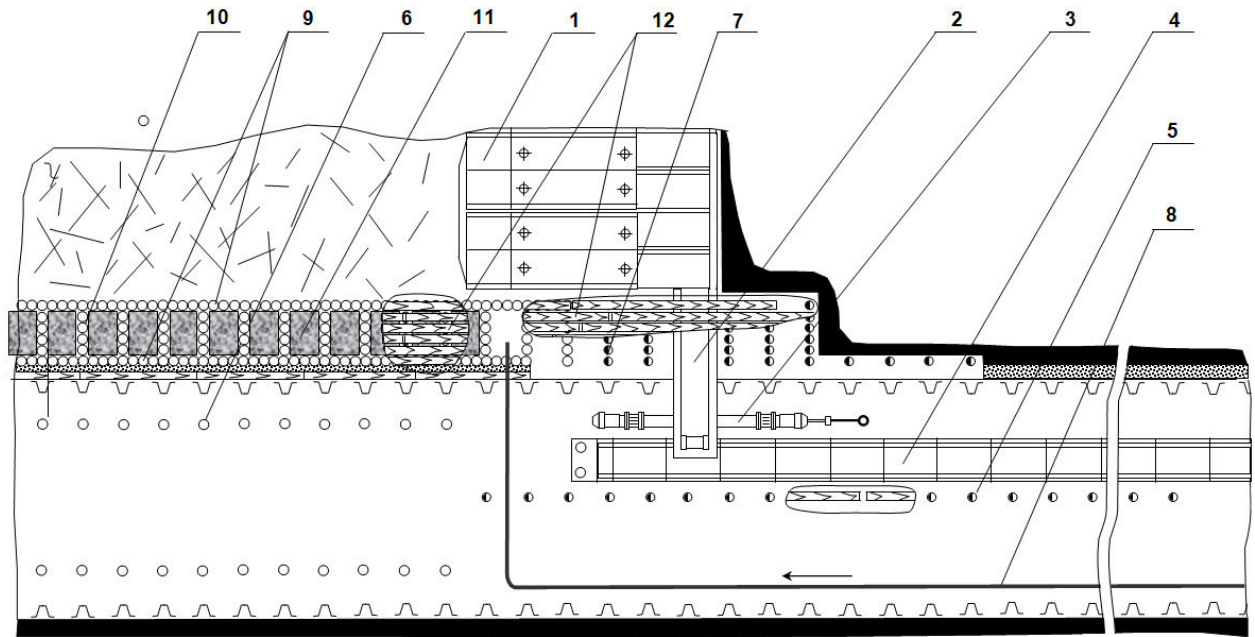
З урахуванням позитивного досвіду, накопиченого на шахтах Німеччини [35] та Польщі [36], фахівці ш/у «Покровське» за методичної підтримки ІГТМ НАН України розробили та впровадили комплексну технологію охорони повторно використовуваних гірничих виробок, що включає зведення литих смуг [36].

Як базовий варіант зведення литої смуги рекомендується гідромеханічний спосіб, що полягає в приготуванні суміші на ділянці перед лавою та її транспортуванні в рідкому стані трубопроводом до місця заливання. Рекомендована величина відставання смуги від вибою лави становить 6 м і визначається технологічними факторами зведення смуги.

Транспортування сухих компонентів суміші на проміжний підземний склад здійснюється рейковим транспортом у розфасованому пакети вигляді.

Подальше транспортування до місця виготовлення розчину здійснюють конвеєром [33]. Для замішування розчину використовують шахтну воду. З метою зменшення зважених домішок вона подається із спеціальних відстійників.

Технологічний процес зведення литої смуги ілюструється на рис. 3.9 (вид у плані). Твердіючу суміш у вигляді водної пульпи готують на пересувному змішувачі, що встановлюється в штреку за 40-70 м до лави. До місця заливки розчин за допомогою нагнітальної установки подають трубопроводом.



1 – щитове лавне кріплення, 2 – лавний конвеєр, 3 – домкрат пересування лавного конвеєра, 4 – штрековий конвеєр, 5 – гідростійки кріплення підсилення, 6 – дерев'яні стійки кріплення підсилення, 7 – індивідуальні гідростійки, 8 – трубопровід подачі розчину, 9 – однорядне органне кріплення, 10 – перегородки з дерев'яних стійок, 11 – заливальні осередки жорсткої литої смуги, 12 – затяжка покрівлі

Рисунок 3.9 – Технологічна схема зведення литої смуги

Після виїмки смуги вугілля та пересування нижньої приводної станції виконують кріплення ніші дерев'яним органним кріпленням з простягання та падіння пласта. Простір між двома рядами органного кріплення ділиться дерев'яними стійками на комірки, ширину яких вибирають із умови відповідності кроку кріплення. У осередках розміщують мішки з синтетичного матеріалу, які заповнюють розчином, що подається по трубопроводу.

Вільний простір між затяжкою рамного кріплення та литою смугою забучують пороною і при необхідності тампонуєть. Технологія не дозволяє виливати бетонну смугу впритул до підробленої покрівлі. Тому простір між смугою та покрівлею закладають лісоматеріалом.

За всіх наведених вище переваг промислове застосування в Україні литих бетонних смуг стримується недостатньою механізацією технологічних процесів їх зведення [26].

На вугледобувних підприємствах Німеччини досягнуто високого рівня механізації та часткової автоматизації даних процесів [36]. Зокрема, на шахті «Августа Вікторія» збудовано комплекс для приготування будівельної суміші на поверхні та її подальшої подачі у виїмкові штреки. На промайданчику поблизу ствола розміщені три вежі для сухої бетонної суміші та контейнерні модулі для автоматизованого приготування та подачі бетону у виробки. За командою із шахти про необхідність подачі певної кількості бетону, оператор поверхневого комплексу закачує у трубопровід для подачі суміші Ø 50 мм воду, щоб переконатися у правильності перемикання на горизонті у шахті розподільника подачі бетону (комплекс обслуговує кілька одночасно відпрацьованих лав). Після цього, у трубопровід подається рідка бетонна суміш (не більше $\frac{3}{4}$ висоти става) і закладається синтетичний обмежувальний пиж. Поверх пижа став заповнюється водою, що проштовхує бетон до місця спорудження литої смуги. На кінці трубопроводу до бетону підмішується прискорювач твердіння, який подається насосом із спеціальної ємності, розташованої у штреку поблизу вибою лави. На відстані від поверхневого комплексу до місця зведення смуги 4,5 км, час доставки суміші становить 45 хвилин. Опалубкою для бетонної смуги з боку виробленого простору лави служить органне кріплення, а з боку штреку – рами аркового кріплення. Вся опалубка затягується металевою сіткою та мішковиною з поліпропілену для створення герметичної ємності.

Дана технологія відрізняється значним ступенем автоматизації, що підвищує оперативність спорудження охоронної конструкції, а, отже, ефективність кріплення виїмкових штреків в цілому.

За всіх наведених вище переваг, промислове застосування в Україні литих бетонних смуг стримується недостатньою механізацією технологічних процесів їх зведення [26]. У той же час, технологічним недоліком є скидання великої кількості води у вироблений простір лави, що при схильних до розмокання породах, інтенсифікує процес пучення підшви штреку.

Застосування таких комплексів економічно доцільне за одночасного відпрацювання кількох лав. У нинішніх економічних умовах, найбільш істотним фактором, що стримує застосування подібних технологій на шахтах України, є необхідність значних капіталовкладень у будівництво технологічних комплексів. В умовах вже працюючої шахти, в скрутних економічних вітчизняних обставинах, такі рішення є нереальними.

З проведеного аналізу найбільшої уваги заслуговують литі смуги, що споруджуються за технологією впровадженою у ш/у «Покровське». Проте, внаслідок наведених вище недоліків такої технології, а також достатньо високої технологічної складності і витратності, ця технологія для умов ш. Добропільська не є оптимальною. Аналіз останніх вітчизняних досліджень в галузі забезпечення повторного використання виробок дозволив запропонувати як альтернативний варіант спосіб охорони виробок пакетованими полосами.

Цей спосіб спорудження бетонної смуги розроблено В ІГТМ НАНУ. Він полягає у викладанні пакетів з сухою цементно-мінеральною сумішшю (СЦМС) та їх подальшому замішуванні водою, безпосередньо на сполученні лави з штреком - пакетована смуга (ПП). Технологія спорудження ПП передбачає твердіння бетону після спорудження охоронної конструкції. Найбільш небезпечним для безпеки даного типу смуг є період часу, протягом якого бетон набирає основну частину своєї міцності.

Вид в плані і розрізі цього способу охорони наведено на рис. 3.10.

4. Розробка технологічних схем очисних робіт ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»

4.1 Математичне моделювання навантаження охоронної смуги при підтриманні виробки за лавою

Основним параметром охоронної смуги є її розміри. Відповідно до існуючого досвіду біляштрекову смугу доцільно споруджувати комбінованою у складі бетонної опорної смуги і органного кріплення. Основну несучу функцію виконує бетонна смуга, органне кріплення оконтурює її з обох боків, а за необхідності виконує додатково ще функцію обрізного кріплення на межі з виробленим простором. Основним параметром цієї конструкції є її ширина.

На сьогоднішній момент відсутні нормативні документи, що дозволяють розраховувати ширину полоси, як правила вона приймається з практичного досвіду і має дорівнювати від однієї до півтори потужності пласта, який виймається. В нашому випадку, якщо дотримуватись такої логіки, при потужності пласта 1,8 м ширина полоси має становити 1,7-2,7 м.

Провести вимірювання тисків на біляштрекову смугу прямими методами вкрай складно. Висновки щодо вірності обраної ширини можна отримати виключне через аналіз цілістності конструкції за лавою у відповідних зонах. Однак, оскільки режим роботи смуги визначається навантаженням на неї, яке залежить від довжини зависаючої над конструкцією консолі основної покрівлі, ця характеристика є непостійною. Відомо, що по в залежності від кроку руйнування основної покрівлі довжина консолі може змінюватись по мірі відпрацювання пласта від 1 до 50 м. Оскільки крок руйнування основної покрівлі залежить від декілької факторів, він не є постійним. Таким чином робити висновки по факту руйнування охоронної смуги по перше вже запізно. По друге – неможливо без суттєвої похибки. Приклади руйнування охоронної полоси на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Руїнування охоронної полоси за лавой

Тому для дослідження і аналізу необхідної несучої здатності біляштрекової охоронної смуги доцільно використати метод комп'ютерного моделювання. Використаємо програму Ансіс, що використовує метод кінцевих елементів. Кінцеві елементи представлені кубами і паралелепіпедами, зрідка

тетраедрами. Геометрично модель уявляє собою виріз частини масиву, яка вміщує штрек, арочної форми. В виробленому просторі породи відсутні. Основна покрівля залегає на максимальній довжині для категорії порід A_2 – 25м (гірничо-геологічні умови залягання наведено в другому розділі магістерської роботи). Інформація щодо довжини зависаючої консолі взята з керівництва ДонВУГІ з кріплення і управління покрівлею. Схема моделі наведена на рис. 4.2.

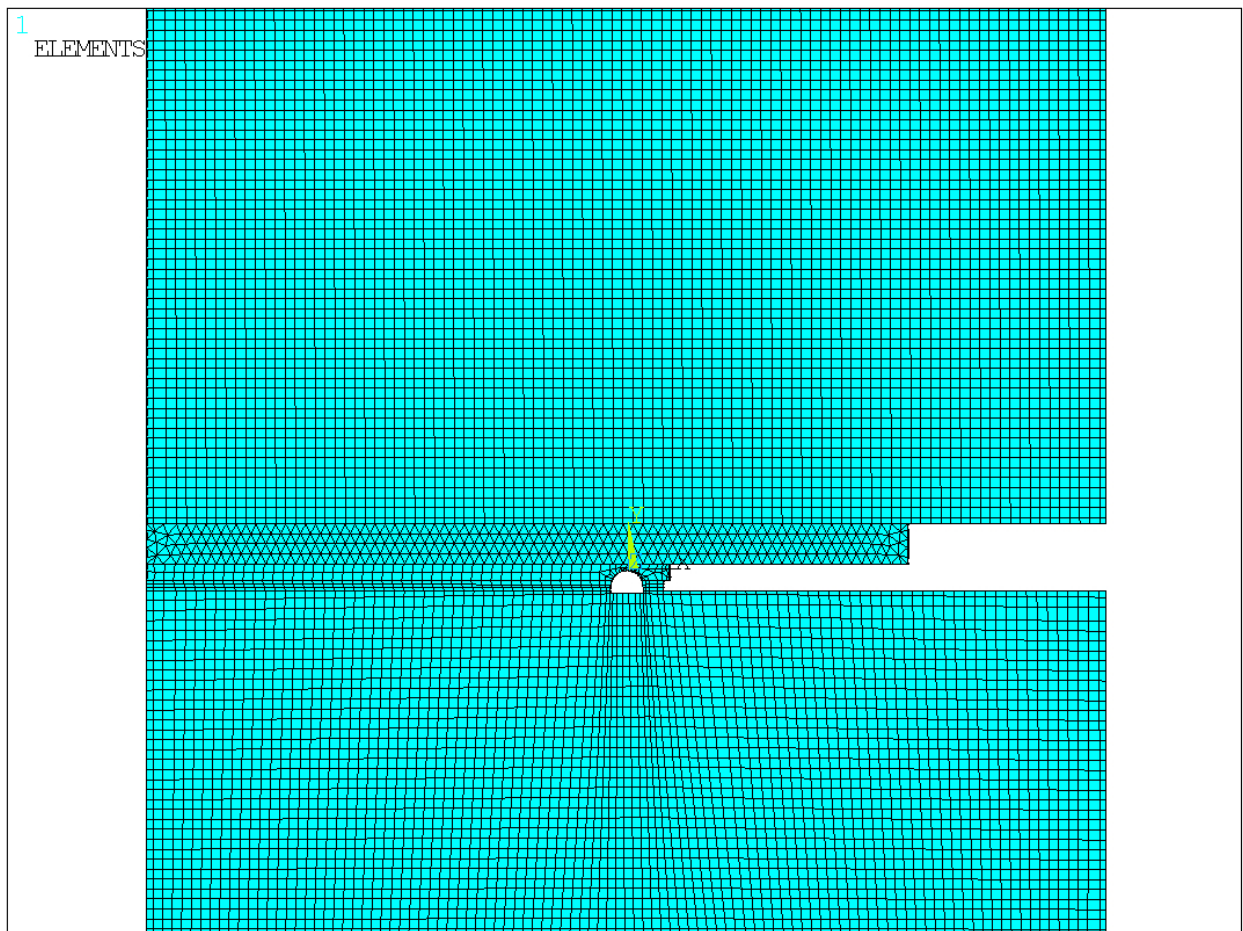


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд моделі кінцевих елементів

З боку виробленого простору за лавой штрек арочної форми охороняється біляштрековою полосою з бетону. Ширина полоси прийнята 1,8 м.

Для визначення несучої здатності смуги в моделі використаємо результати досліджень вчених з ІГТМ НАНУ під керівництвом д.т.н. Кур носова. Дослідження процесу набору міцності бетоном біляштрекових смуг здійснюється протягом не менше 28 діб, тому що протягом даного проміжку часу суміші на основі цементу набирають свою основну міцність. Далі інтенсивність зростання їх характеристик міцності істотно знижується. На першому етапі лабораторних досліджень визначається межа міцності на одновісне стиснення (R) зразків бетону кубічної форми з попередньо відшліфованими гранями. З цією метою здійснюється їхнє навантаження на пресі до повної руйнації.

З метою встановлення ступеня впливу одного з факторів, зумовлених технологіями спорудження бетонних смуг, досліджувані зразки кубічної форми витримуються різні проміжки часу (від 1 до 58 діб) в опалубці з відкритою верхньою гранню (шахтні умови твердіння ЛП) або запакованими в поліетилен (шахтні умови твердіння ПП). При цьому всі інші фактори, що впливають на міцність навколоштрекових смуг (Склад суміші, співвідношення сухої маси з водою (5:1) замішування розчину після замішування водою, геометрична форма (кубики) та розміри зразків, шліфування граней зразків перед випробуванням на пресі, температура навколишнього середовища) повинні бути ідентичними. Зразки поділяються на партії. Кожна партія складається не менше ніж з 10 зразків, виготовлених за однією технологією (ПП або ЛП) і витриманих рівні проміжки часу після замішування водою.

Температурний режим у виробках залежить від гірничо-геологічних умов для різних виїмкових ділянок коливається в широких межах. В зв'язку з цим, випробуванням піддавалися зразки, що тверділи при температурах 20° С, 30° С та 40° С (рис. 4.3).

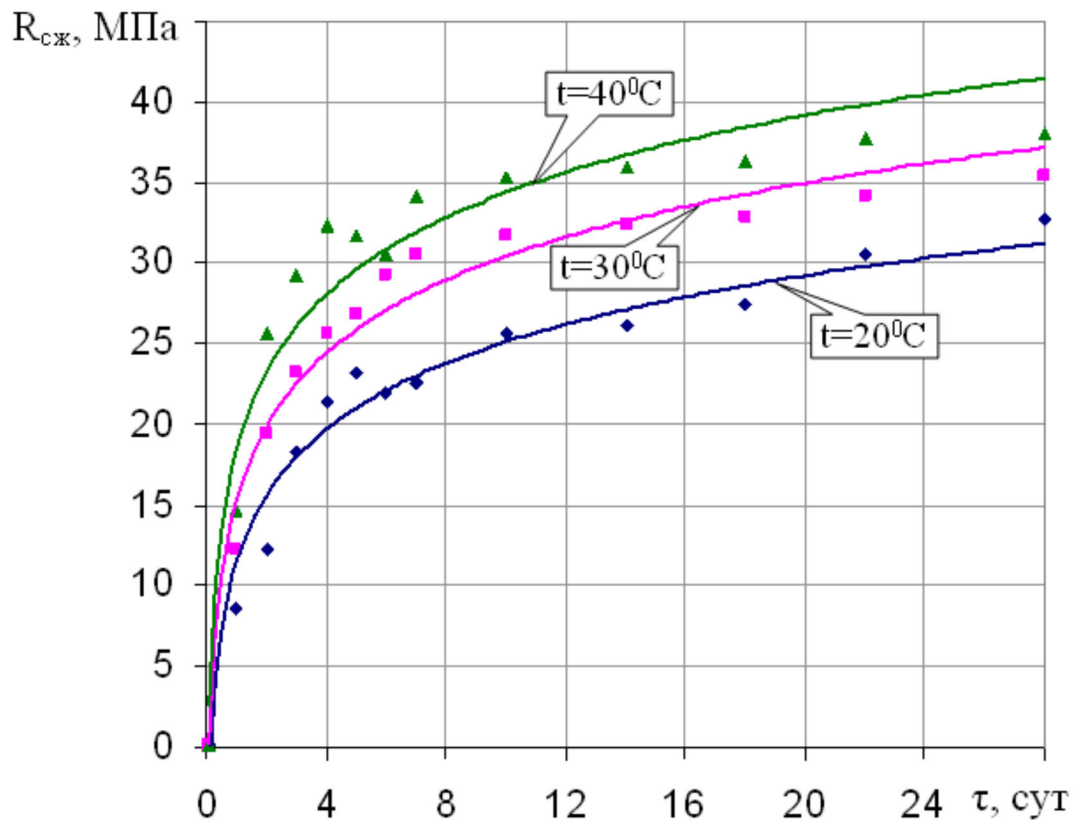


Рисунок 4.3 – Залежність межі міцності зразків на стиск від часу твердіння суміші при різних температурах навколишнього середовища

Бачимо, що з часом вплив температурного фактора знижується і процес набору міцності матеріалом підпорядковується логарифмічним залежностям:

$$\text{при } t=20^{\circ}\text{C} - R_{cж} = 5,9\ln(\tau n) + 11,5, R^2 = 0,96$$

$$\text{при } t=30^{\circ}\text{C} - R_{cж} = 6,6\ln(\tau n) + 15,3, R^2 = 0,97$$

$$\text{при } t=40^{\circ}\text{C} - R_{cж} = 6,9\ln(\tau n) + 18,5, R^2 = 0,94$$

В умовах очисних виробок пл. m_5^1 ш. Добропільська температура повітря становить близько 30-35 градусів. Прийmemo міцність матеріала смуги 40 МПа, що відповідає результатам експериментів представлених на рис. 4.3.

Навантаження на модель визначимо користуючись теорією початкового напруженого стану проф. Дінніка. Зверху до моделі прикладаємо умовну вагу

відкинутих порід до поверхні. Глибина розташування виробки при моделювання взята з плану гірничих виробок для лави, що проектується (див. 2 розділ магістерської роботи).

У процесі розрахунку комп'ютерної моделі відбувається побудова ізополів напружень або деформацій. В нашому випадку цікавість представляють саме напруження. Тому проаналізуємо картини розподілу напружень.

Спочатку проаналізуємо максимальні в алгебраїчному сенсі головні напруження, рис. 4.4.

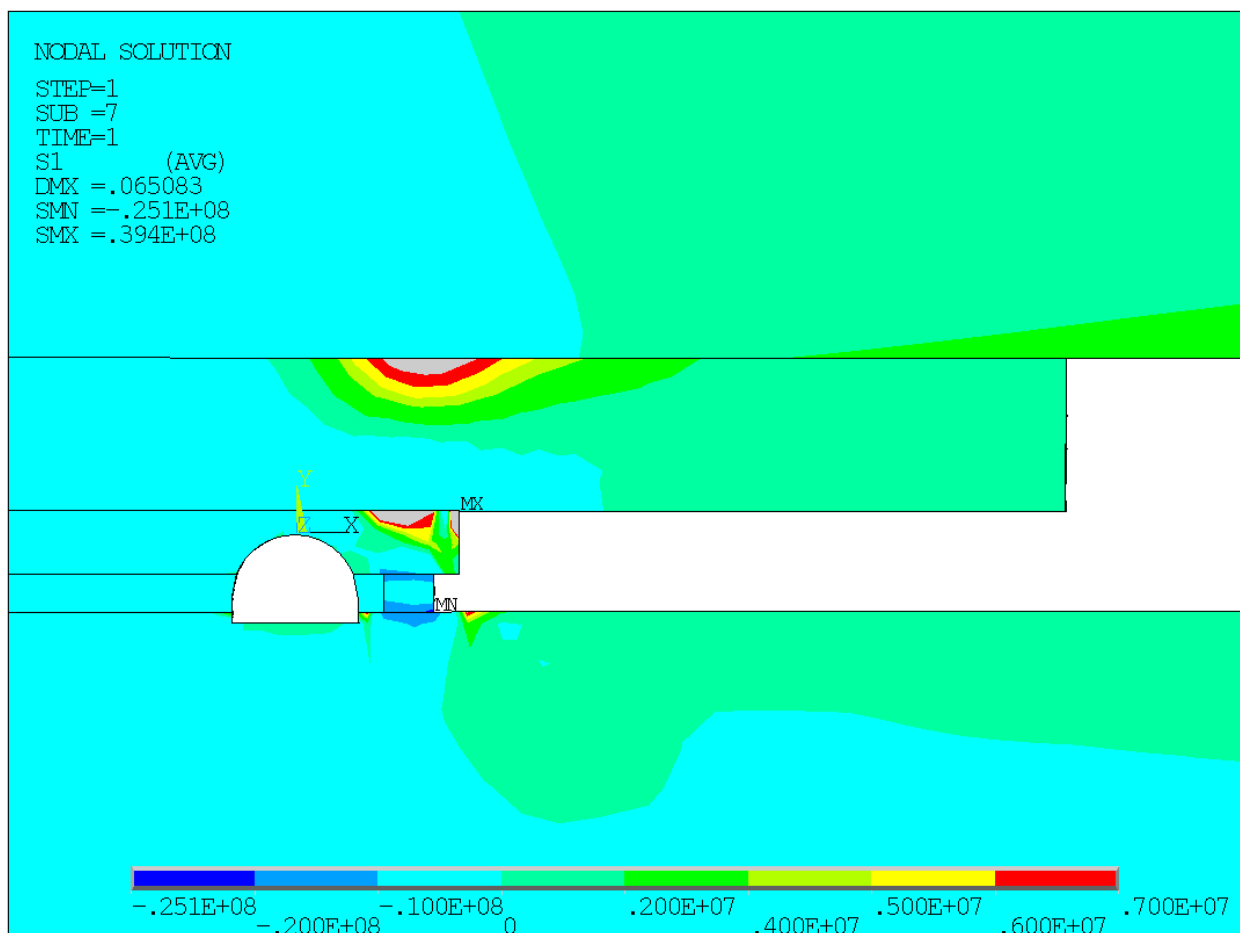


Рисунок 4.4 – Ізополя головних максимальних напружень навколо штреку

Оскільки головні напруження враховують знак, можна зробити висновок, що в результаті дії розтягуючих напружень (які мають знак «+»)

відбудеться руйнування порід основної покрівлі над охоронною біляштрековою смугою. Це є добре з точки зору формування навантаження на штрек. За умови, що біляштрекова смуга буде працювати без руйнування, покрівля буде руйнуватися в сприятливому місці і це дозволить зберегти стійкість штрека при повторному використанні. Породи покрівлі обвалюються з боку виробленого простору. Місця руйнування основної покрівлі зазначені на рис. 4.4 сірим кольором. Але така картина буде спостерігатись лише за умови збереження міцності біляштрекової смуги.

Для аналізу напружень, які діють на смугу і рішення питання збереження міцності смуги проаналізуємо вертикальні стискаючі напруження навколо смуги (рис. 4.5).

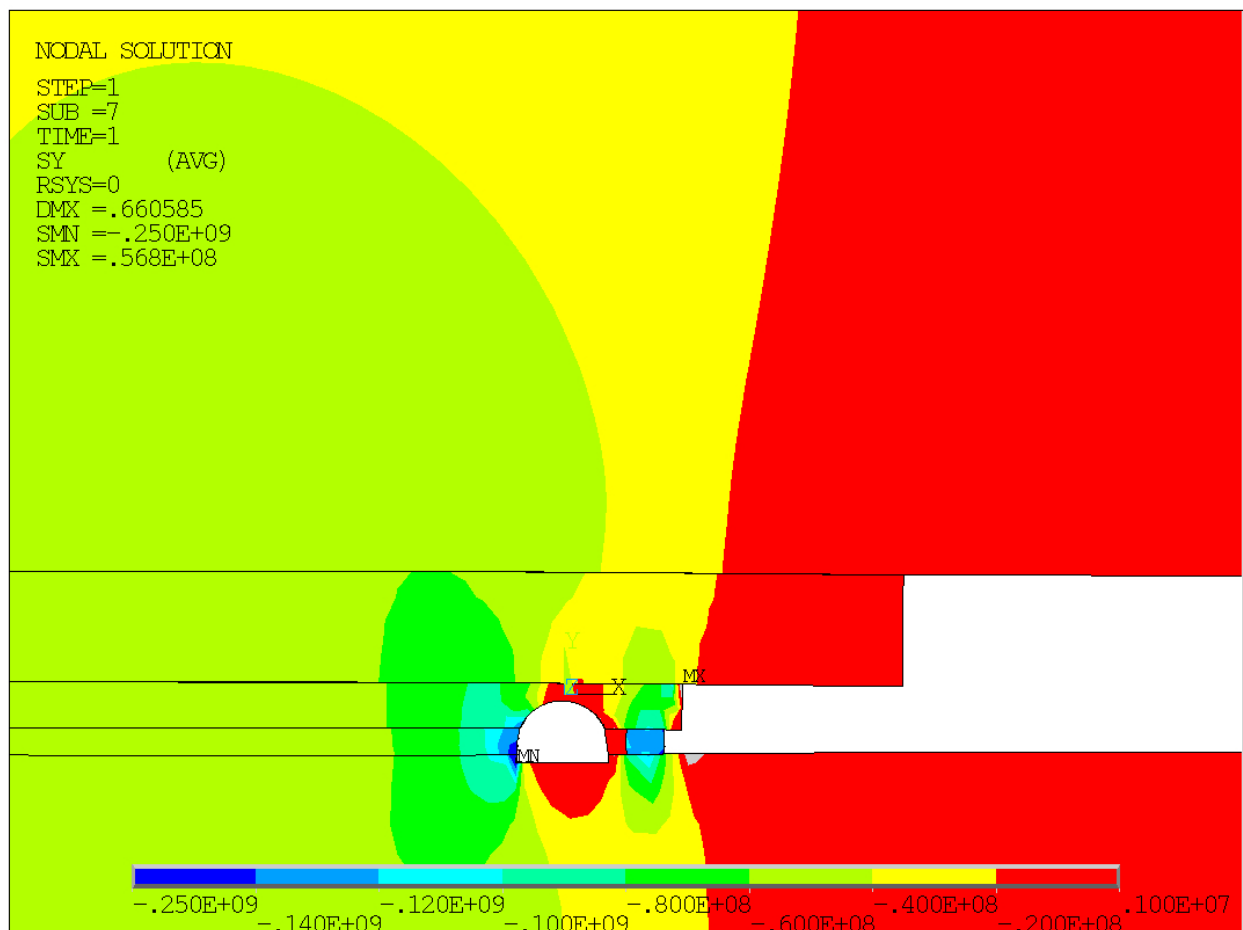


Рисунок 4.5 – Ізополя вертикальних напружень

З рисунку 4.5 можна зробити висновок, що вертикальні стискаючі напруження в лівому і правому боках виробки при охороні її бетонної

біляштрековою смугою приблизно однакові. Компенсація вертикального навантаження забезпечуються смугою, що видно з форми і кольору ізополів. Навколо виробки створюється зона розвантаження, що має червоний колір. Напруження в цій зоні від -20 МПа до +1МПа. Стан кріплення виробки при цьому можна проаналізувати по рис. 4.6.

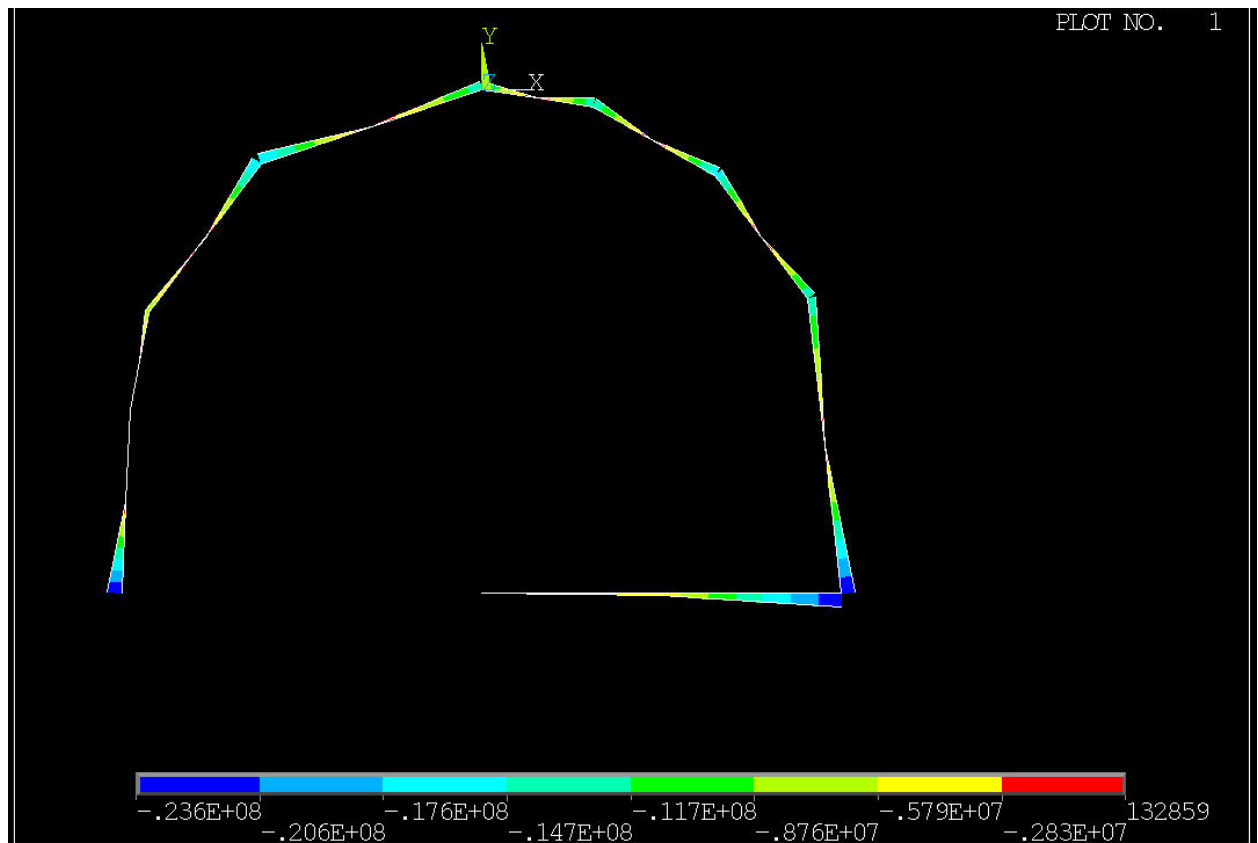


Рисунок 4.6 – Ізополя вертикальних напружень в арочному кріпленні

З рисунку 4.6 видно, що рама кріплення завантажена приблизно рівномірно вертикальними тисками. Верхняк з боку пласта і з боку виробленого простору сприймає вертикальні напруження 8,7-17,6 МПа, ніжки – до 23 МПа. Для сучасного кріплення це нормальний діапазон робочого режиму. Головне, що не виникає асиметричного навантаження, який є причиною виходу з ладу арочного кріплення і роботи його в позаштатному режимі.

Для детального аналізу напружень у біляштрековій смузі проаналізуємо рис. 4.7.

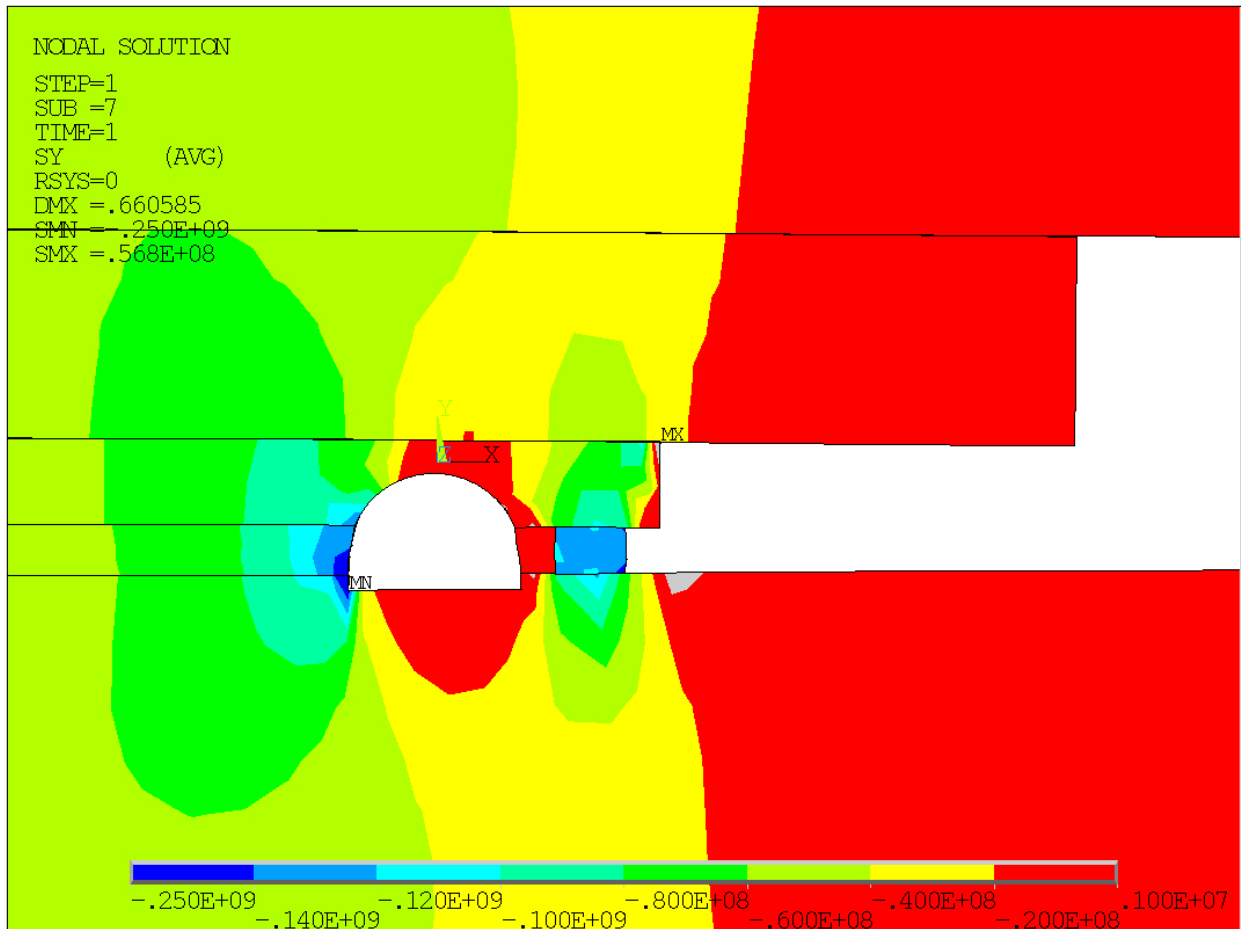


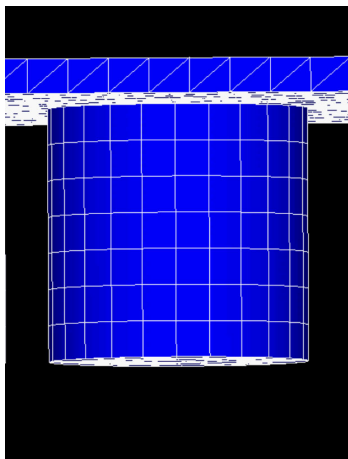
Рисунок 4.7 – Ізополя вертикальних напружень навколо штрека, що підтримується за лавой

Аналізуючи рис. 4.7 можна дійти висновку що стискаючі напруження в біляштрековій смузі знаходяться в діапазоні 120-140 МПа, про що свідчить «легенда» кольорів внизу рисунка. Тобто за результатами моделювання встановлено, що для забезпечення повторного використання штреків несуча здатність охоронної смуги має становити 120-140 МПа. З попереднього наведеної інформації (рис. 4.3) відомо, що полоса питомою площею 1 м^2 , тобто в умовах моделі шириною 1 м сприймає близько 40 МПа. Таким чином можна провести розрахунок необхідної ширини для забезпечення стійкості виробок.

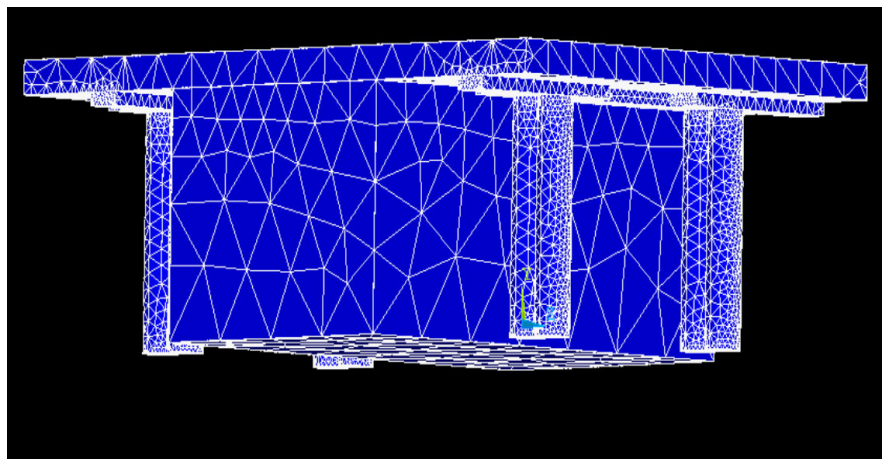
Під час проведення описаного вище моделювання не враховувалось, що в конструкції охоронної біляштрекової смуги є органне кріплення. Стійки органного кріплення сприймають частину навантаження на себе. Це необхідно

врахувати при розрахунку несучої здатності. Для дослідження впливу стійок органки на загальну несучу здатність біляштрекової смуги було проведено додаткове комп'ютерне моделювання.

Сутність моделювання – порівняння режиму роботи бетонної смуги і смуги зі стійками. При цьому завантажувати будемо тільки охорону конструкцію, не моделюючи навколишні породи. Це пов'язано зі складністю розбиття і розрахунку моделі на кінцеві елементи малого розміру. Ширину смуги з стойками приймемо рівною потужності пласта – 1,8 м. Схема моделі біляштрекової смуги, в конструкції якої присутні стійки кріплення, наведено на рис. 4.8 б.



а)



б)

Рисунок 4.8 – Схема моделі біляштрекової смуги, розбита на кінцеві елементи а) модель без стійок б) модель зі стійками

Результати доруйнівного моделювання наведено на рис. 4.9.

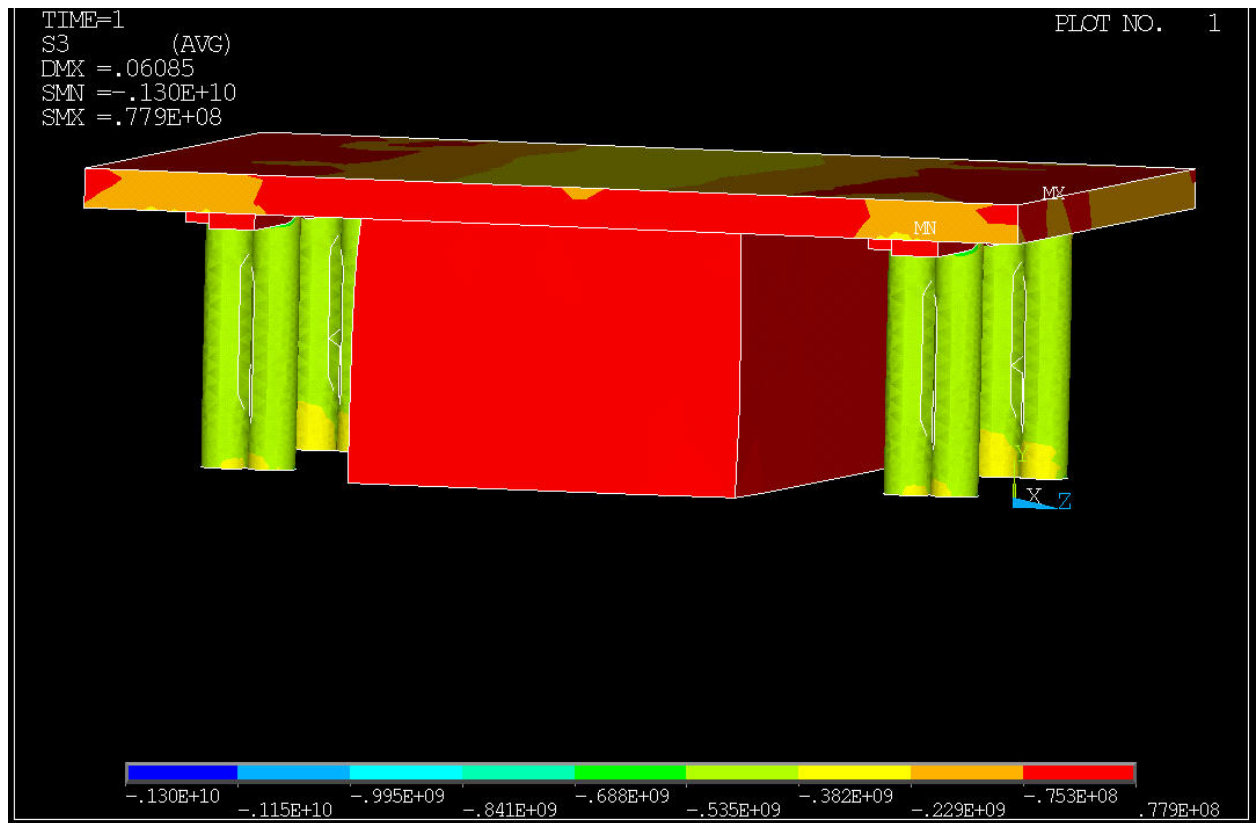


Рисунок 4.9 – Ізополя мінімальних головних напружень (стискаючих) в охоронній смузі з стійками

Після аналізу ізополів напружень можна дійти висновку, що полоса з стійками шириною 1,8 м сприймає до моменту руйнування 75,3-77,9 МПа (червоний колір на легенді напружень).

Таким чином, щоб забезпечити несучу здатність 140 МПа (що витікає з аналізу рис. 4.7) необхідно мати ширину біляштрекової бетонної смуги $140 \cdot 1,8 / 75 = 3,36$ м.

4.2 Обґрунтування параметрів охоронної смуги в умовах ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток»

З проведеного обзору літературних джерел визначено, що завдяки технологічним особливостям і значно більшим витратам, більшу перспективу в умовах підприємства ш. «Добропільська» ДП

«Добропільвугілля-видобуток», яке не має досвіду використання литих смуг є пакетовані смуги, а не литі. З проведеного комп'ютерного моделювання зроблено висновок, що необхідна ширина бетонної біляштрекової смуги для забезпечення можливості повторного використання в умовах пл. m_5^1 ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток» становить 3,36 м. Необхідно розробити конструкцію смуги і розрахувати її елементи.

При розрахунку параметрів слід враховувати декілька моментів:

- Охоронна смуга навантажується поступово, не одразу після її зведення, а по мірі збільшення довжини консолі основної покрівлі і розвитку процесів руйнування;
- Розраховані параметри біляштрекової смуги передбачені для максимально можливого навантаження;
- Одразу після виймання вугілля необхідно компенсувати його опір штучними спорудами.

З наведеного витікає, що полосу доцільно споруджувати в декілька етапів, або вона може складатись з декількох елементів з різними властивостями.

Виходячи з наведеного вважаю за доцільне запропонувати такі варіанти рішення:

-комбінована біляштрекова смуга у складі: два ряди органного кріплення, жорсткі елементи що моментально після установки створюють опір породам покрівлі і пакетована бетонна смуга;

- комбінована біляштрекова смуга у складі: два ряди органного кріплення, пакетована бетонна смуга.

Практичний досвід використання комбінацій литої смуги і жорстких елементів накопичений в умовах ПРАТ ш/у Покровське. При відпрацюванні блока №8 на цьому підприємстві використовувались блоки залізобетонних тумб з яких викладали охоронну стінку з боку виробленого простору (рис. 4.10), після чого в опалубку заливали «Бі –кріплення».

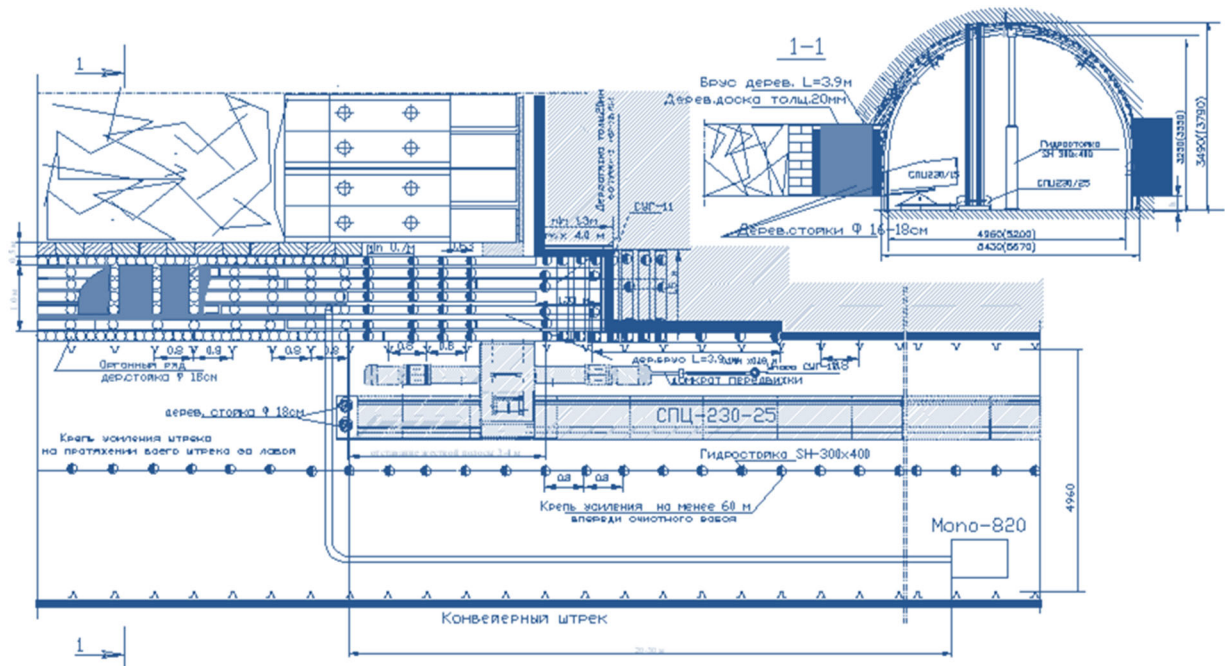


Рисунок 4.10 – Охорона штрэка комбінованою смугою з БЗБТ, органки і «Бі-кріплення» в умовах ПрАТ ш/у «Покровське»

Щоб розрахувати необхідну несучу здатність такої конструкції будемо виходити з максимального навантаження на полосу, яке визначено за результатами моделювання в розмірі 140 МПа. Несуча здатність різних конструкцій БЗБТ може бути взята з кривих, представлених на рис. 4.11.

При розрахунку комбінованих споруд необхідно, щоб їх елементи мали однакову характеристику піддатливості. У пакетованій смузі допустима усадка (до моменту руйнування) становить 5-7 відсотків, тому обираємо БЗБТ з прокладками з ДСП, які мають допустиму усадку 10%. Несуча здатність такої конструкції становить 3500кН. Розміри тумби становлять 50х50см, таким чином тиск буде становити $3500/0,5*0,5=14$ МПа.

Відповідно 4 ряди (площа 1х1м) будуть створювати вертикальний опір 56 МПа.

Комбінована смуга з БЗБТ і литої смуги має сприймати максимальний вертикальний тиск $P = 140$ МПа, тоді:

$$P = P_{\text{смуги}} + P_{\text{БЗБТ}}$$

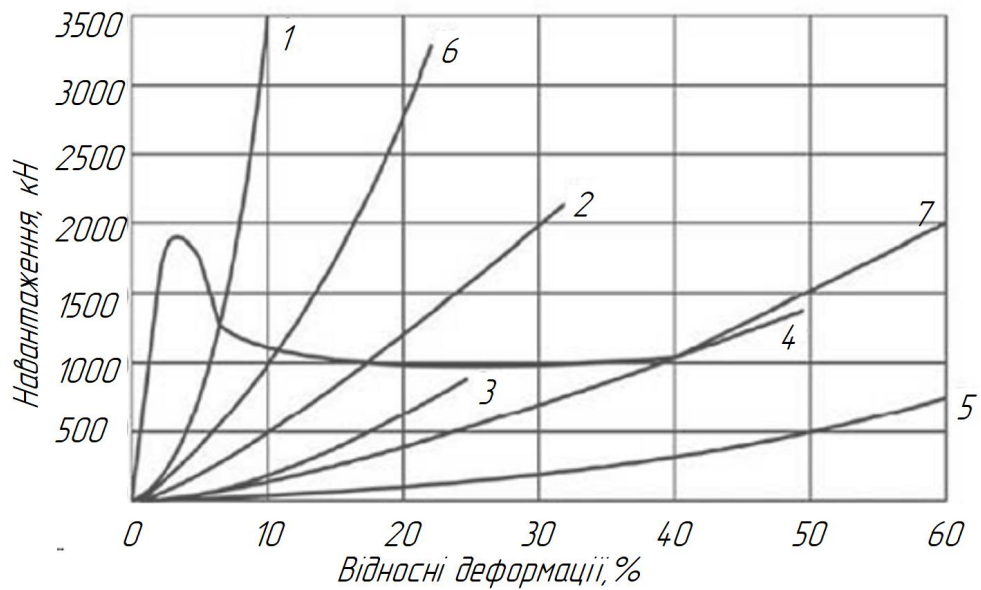


Рисунок 4.11 – Механічні характеристики збірних опор різних конструкцій:

1 - БЗБТ з прокладками з ДСП; 2 - БЗБТ з прокладками з шпального бруса; 3 - БЗБТ з прокладками з шпального бруса, покладеними в одному напрямку; 4 - костри зі шпального бруса; 5 - костри з круглого лісу; 6 - БЗБТ з прокладками з розпилу; 7 - БЗБТ з прокладками зі шпального бруса

Звідки:

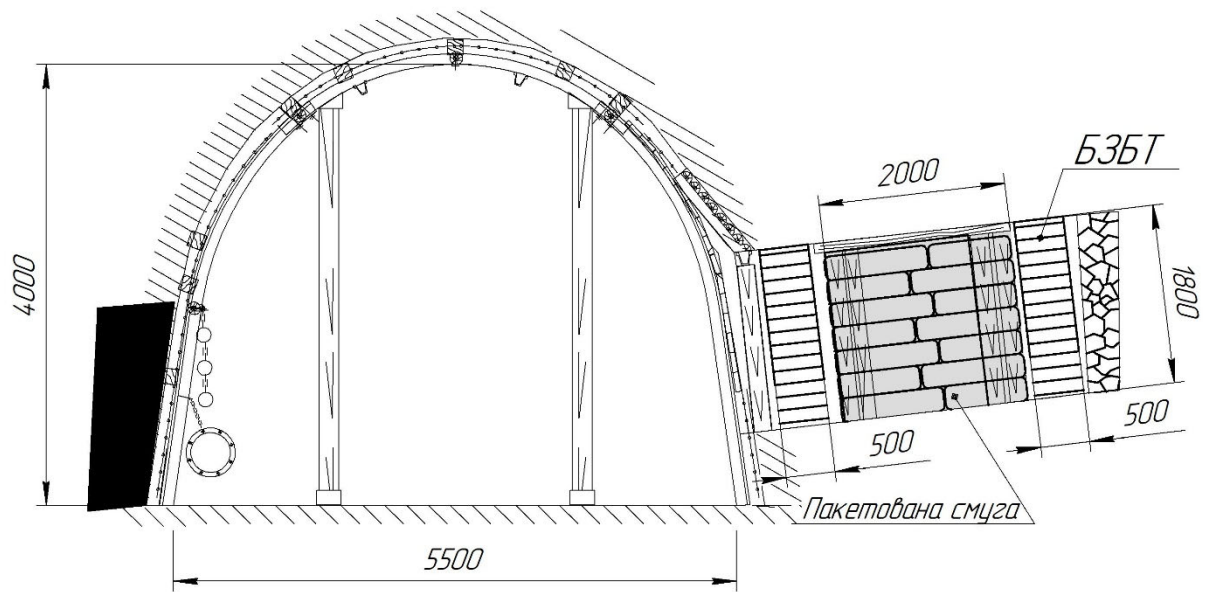
$$P_{\text{смуги}} = P - P_{\text{БЗБТ}} = 140 - 56 = 84 \text{ МПа}$$

$$H_{\text{смуги}} = 84 * 1,8 / (75) = 2,0 \text{ м}$$

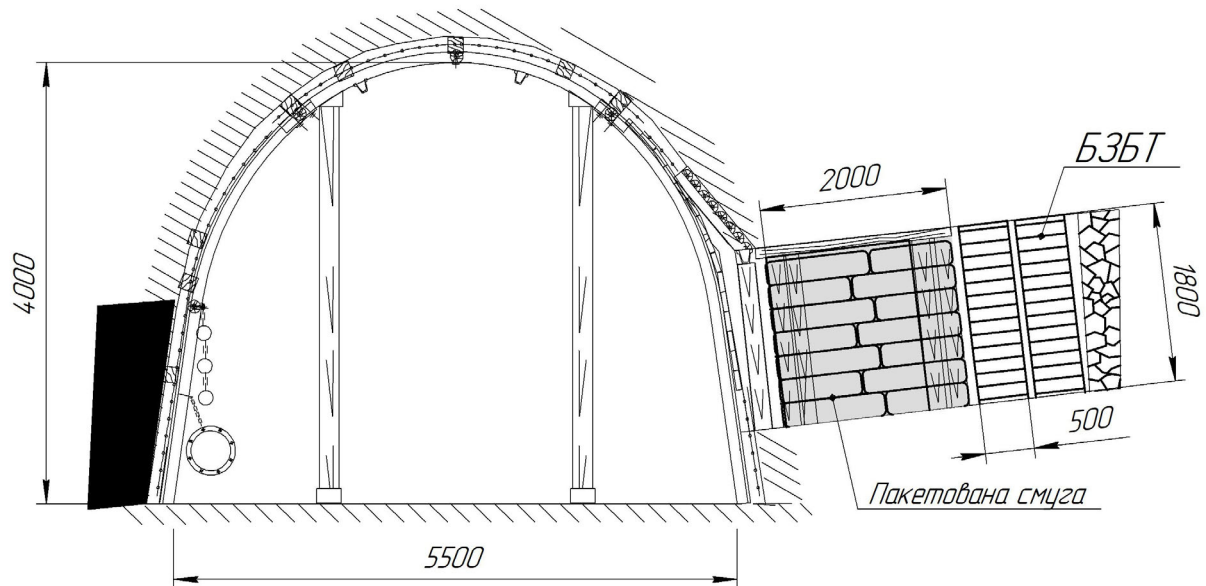
Тобто можна запропонувати два варіанта рішення такого комбінованого спорудження:

1) один ряд БЗБТ (0,5м) + пакетована смуга (2,0м) + один ряд БЗБТ (0,5м) (рис. 4.12а).

2) два ряди БЗБТ з боку виробленого простору (1,0 м) + пакетована смуга (2,0м) (рис. 4.12б).



а)



б)

Рисунок 4.12 – Варіанти комбінованої охоронної смуги

а) один ряд БЗБТ (0,5м) + пакетована смуга (2,0м) + один ряд БЗБТ (0,5м)

б) два ряда БЗБТ з боку виробленого простору (1,0 м) + пакетована смуга (2,0м)

Такі конструкції дозволяють створити достатній початковий опір за рахунок роботи блоків ЗБТ. В процесі твердіння бетонної суміші в пакетах

охоронної смуги, вона буде набирати несучу здатність. Таким чином ріст навантаження на смугу, по мірі відпрацювання пласта і збільшенні відстані до лави, відбувається з часом, за який твердіюча пакетована смуга набере необхідну міцність.

Основним недоліком запропонованих рішень є логістичні складності з доставки блоків під лаву, їх розвантаження і викладка на межі з виробленим простором, а також організаційні проблеми з послідовністю виконання логістичних операцій і викладки різного типу опорних елементів, поєднання роботи в лаві і на штреках.

Іншим варіантом є використання пакетованої смуги в комбінації з органним кріпленням (рис. 4.13). Ширина пакетованої смуги розрахована в кінці підрозділу 4.1 і становить 3,36 м.

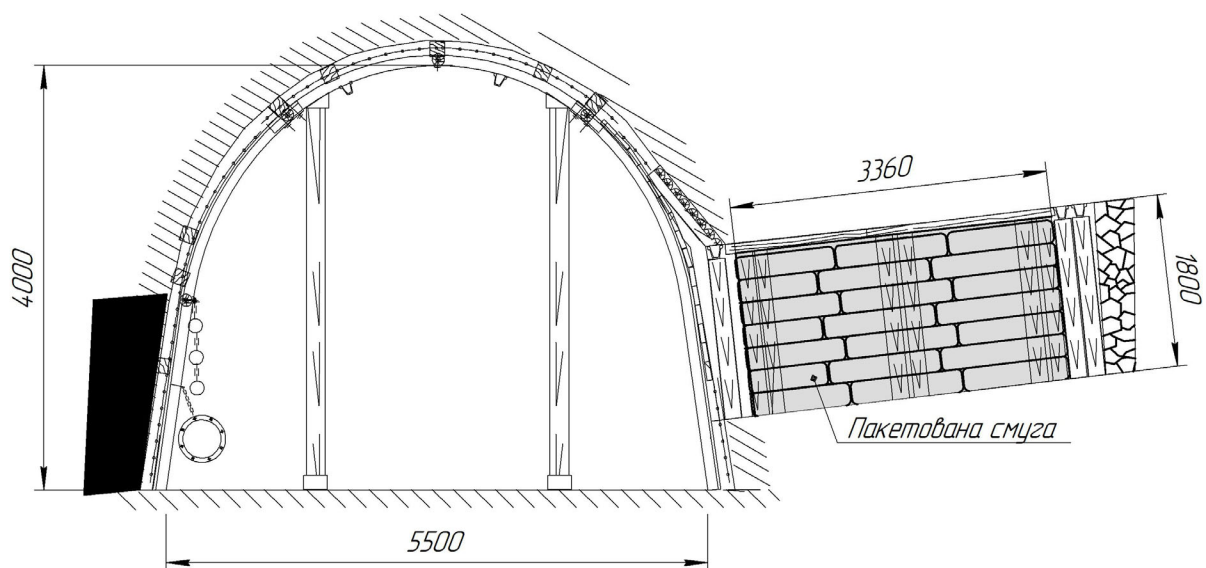


Рисунок 4.13 – Пакетована бетонна смуга

Основним недоліком такої конструкції є низький опір породам покрівлі одразу після спорудження охоронної конструкції. Оскільки, згідно з рис. 4.3, мінімально необхідний опір смуга набирає приблизно через 6-8 діб після спорудження. Після першого етапу підтримання вказана конструкція пакетованої охоронної смуги цілком задовольняє вимогам з несучої здатності.

Перевагами такої конструкції охоронної споруди є однотипність складових елементів і єдність технології робіт.

Щоб нівелювати наведений вище недолік пропонується варіант комбінованої пакетованої смуги, що передбачає різні строки твердіння пакетів (рис. 4.14). Умовно смуга ділиться на дві рівні частини. Перша – з боку виробленого простору, друга – з боку виробки. Перша частина має сприймати навантаження в найкоротші строки після зведення, таким чином вона має твердіти максимально швидко. Пропонується затворювати пакети цієї частини водою з додаванням прискорювача твердіння, що дозволить скоротити термін набору 70% міцності з 8 діб до однієї. Друга частина може бути зведена з звичайної мінерально-цементної суміші, наприклад Текхард, що затворюється водою. Ця частина має режим набору міцності згідно представленими на рис. 4.3 графіками.

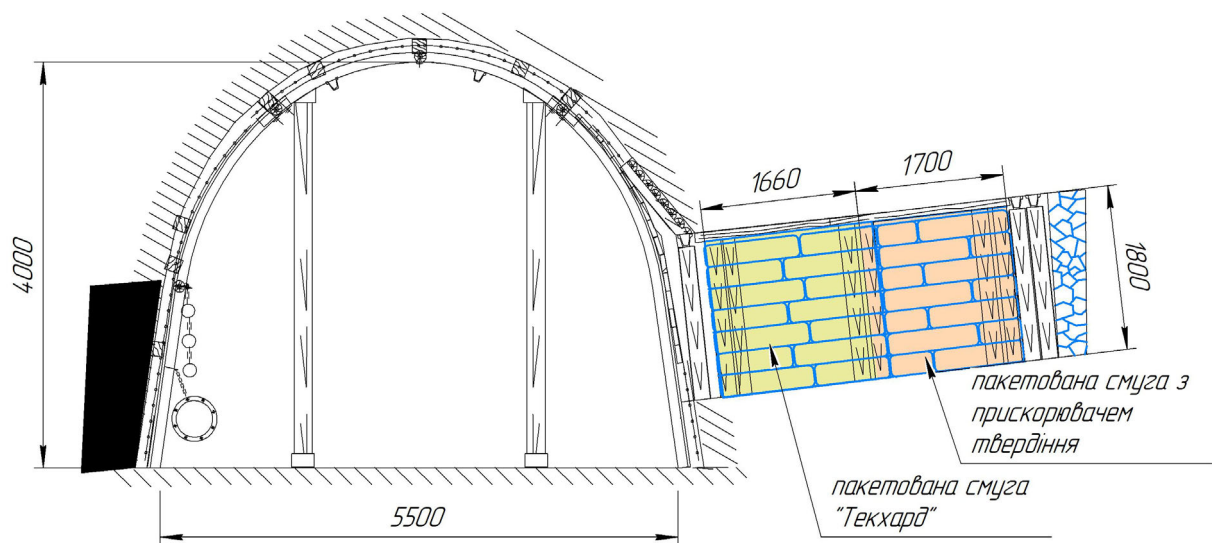


Рисунок 4.14 – Пакетована смуга з двох елементів

Таким чином, такий спосіб охорони виробок за лавою, що уявляє собою пакетовану смугу поділену на частини, що твердіють з різною швидкістю, зможе створити необхідний поетапний опір для повторного використання штреку. При цьому при спорудженні охоронної конструкції будуть

використовуватись однотипні елементи – пакети з мінеральною сумішшю, а технологія зведення смуги буде однаковою.

З точки зору механіки роботи смуги не відрізняються, а технологічно на думку автора останній варіант кращий. Таким чином для подальшого розгляду обираємо саме його.

4.3 Технологія зведення пакетованої смуги

Технологія спорудження охоронної конструкції полягає у наступному.

Перед укладанням пакетованої смуги, слідом за вибоєм лави з мінімальним відставанням від нього, встановлюється випереджаюче кріплення з дерев'яних стійок. Це зумовлено необхідністю запобігання руйнуванню бетону до набору ним необхідної міцності.

Навантаження на охоронну конструкцію значною мірою визначається міцністю порід основної покрівлі. Тому раціональні параметри охоронної навколоштрекової конструкції (бетонної смуги і стояків, що її оконтурюють, лісоматеріалів) визначаються з урахуванням класифікації порід основної покрівлі за ступенем обрушення [37] (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Класифікація порід основної покрівлі

Нп/п	Категорія порід		Властивості
1	Легко-обвалювана	A ₁	аргіліти та алевроліти потужністю понад 6-7 h (h – потужність пласта, що виймається), $\sigma_{сж.}$ - до 40 МПа
2	Середньо-обвалювана	A ₂	аргіліти, алевроліти та пісковики загальної потужністю понад 6-7 h, $\sigma_{сж.}$ - від 40 до 80 МПа
3	Важкообвалювана	A ₃	пісковики, вапняки та алевроліти загальної потужністю понад 2 години, $\sigma_{сж.}$ - Більше 80 МПа

В результаті прогину підроблених лавою порід насамперед відбувається навантаження ряду дерев'яних стійок з боку виробленого простору. Для

запобігання їх передчасному руйнуванню, при легко- та середньообрушуваний покрівлі, цей ряд повинен представляти одинарне суцільне органне кріплення.

При важкообрушуваний покрівлі, потужності вугільного пласта понад 1,5 м або високих темпах подвигання очисного вибою, з боку виробленого простору встановлюється подвійне або потрійне органне кріплення.

З боку штреку – при покрівлі, що важко обрушується, встановлюється одинарний органний ряд, а при менш міцних породах, малої потужності вугільного пласта і невисокої швидкості подвигання лави, щільність установки дерев'яних стійок знижується до 3-4 шт/п.м.

Відстань між цими рядами стояків відповідає проектній ширині бетонної смуги. Ширина ж смуги визначається потужністю вугільного пласта ($m_{\text{вин}}$), а також ступенем обрушуваності основної покрівлі.

Мінімальна відстань охоронної смуги від контуру підготовчої виробки в проходці приймається рівною висоті нижньої підривки при міцності порід на стиснення менше 40 МПа і 0,6 висоті нижньої підривки при більшій міцності порід. За умови штучного зміцнення берми допускається зменшення даної відстані.

Установка випереджаючих бетонну пакетовану смугу дерев'яних стійок Ø 150 мм здійснюється за наступною схемою: з боку штреку – 3 стійки на погонний метр, а з боку виробленого простору лави – одинарний суцільний органний ряд.

Для запобігання руйнуванню берми, в разі необхідності, передбачено її зміцнення сталеполімерними анкерами завдовжки 2,4 м за схемою: по 1 анкеру між секціями рамного кріплення (вздовж осі штреку через кожні 0,8 м). Цей ряд анкерів розташовується на 0,3-0,4 м нижче підосви вугільного пласта.

Анкерування здійснюється слідом за прохідницьким вибоєм, з випередженням вибою лави не менше 50 м. Штучне зміцнення берми дозволяє скоротити відстань навколоштрекової конструкції від рам аркового кріплення на 30 % (до 0,7 м). Випереджене анкерування покрівлі вугільного пласта, щодо

лінії очисного вибою, також повинно становити не менше 50 м на всьому протязі відпрацювання лави.

Перед укладанням пакетів з сухою цементно-мінеральною сумішшю, слідом за вибоєм лави з мінімальним відставанням від нього, у 2-му та 4-му рядах пробиваються додаткові дерев'яні стійки до створення щільності 3-4 шт./п.м у 2-му ряду та суцільного органного ряду – у 4-му. Третій ряд стійок при цьому витягується (поєдновано, у міру укладання бетонної смуги).

Вилучення стійок здійснюється шляхом їх охоплення канатом з його наступним натягуванням за допомогою лебідки з дотриманням правил безпеки, передбачених [38].

У міру подвигання очисного вибою на 1 цикл, на сполученні зі штреком, між даними рядами, впритул до стійок (з метою створення бічного підпору), за принципом цегляної кладки, з перекриттям зазорів, укладаються шари пакетів із СЦМС. Операція продовжується до підпору смугою підробленої покрівлі вугільного пласта.

Пакети наповнюються водою з шахтного водоводу шляхом проколювання та нагнітання голчастим ін'єктором діаметром 10 мм, обладнаним краном і рукавом. Двох проколів із впорскуванням порядку 4-х літрів води достатньо для замішування суміші. При впорскуванні води в пакети першої частини (на межі з виробленим простором) ін'єкування проводиться з додаванням у воду прискорювача твердіння. Висока еластичність пакетів із сухою сумішшю дозволяє викладати смугу впритул до підроблених порід, а розширення суміші на 2-3 % у процесі твердіння, забезпечує попередній розпір покрівлі-підосви і тим самим мінімізує непружні деформації підроблених порід.

Для додаткового зміцнення штреку в період впливу зони опорного тиску лави з випередженням її вибою не менше 30 м, по осі штреку з інтервалом 0,8 м встановлюються дерев'яні ремонтини Ø 180 мм.

Конструкція нижнього сполучення, при використанні розробленого способу наведена на рис. 4.14.

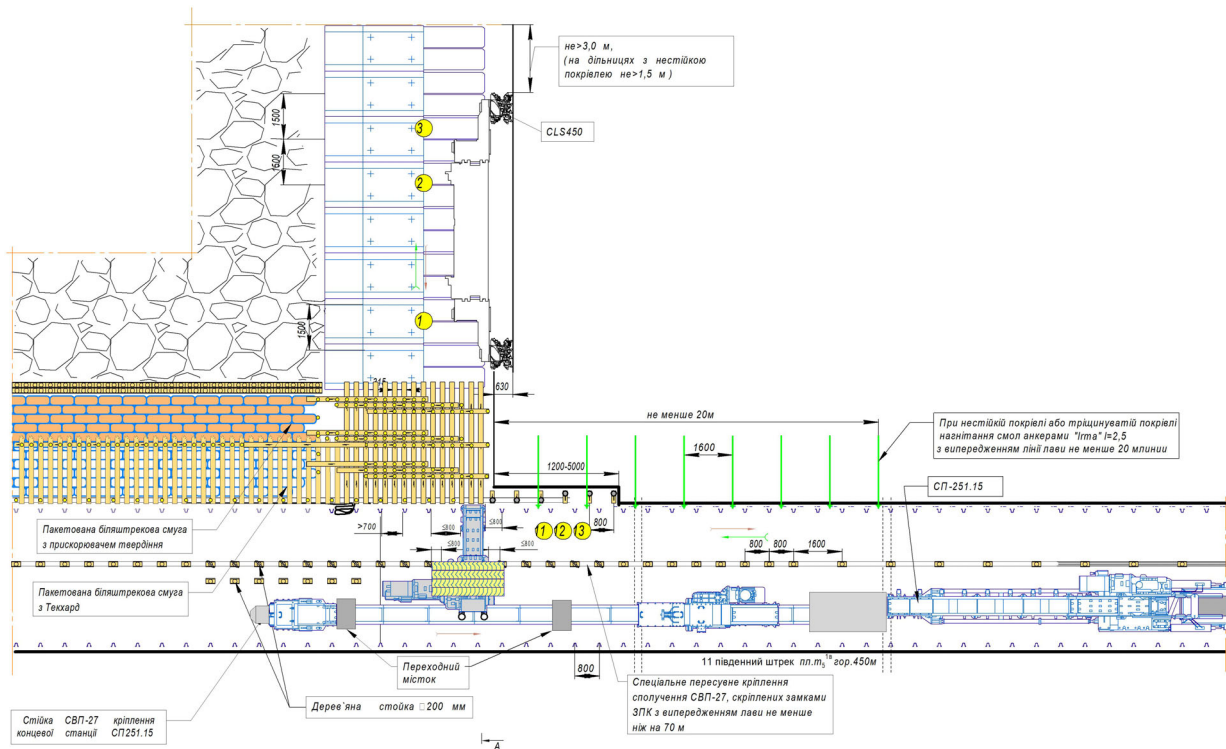


Рисунок 4.14 Розроблена конструкція сполучення лави з конвеєрним штрехом

4.4. Розрахунок економічного ефекту від застосування методу охорони виїмкових штрехів пакетованою смугою

В даному розрахунку проведено зіставлення витрат на кріплення та підтримання конвеєрного штреху при шахтному та запропонованому варіантах. В обох випадках паспортом кріплення штреху передбачена ідентичне кріплення. При цьому в шахтному варіанті охоронна конструкція являла собою суцільну смугу накатних кострів із лісоматеріалів (НК), а в запропонованому – бетонну пакетовану смугу (ПП). Тому витрати відрізняються капітальними вкладеннями в охоронні конструкції та вартістю відновлювальних робіт при базовому та запропонованому варіантах.

Конструкції нижнього сполучення лави для шахтного варіанту і запропонованого наведені на рис. 2.4 і 4.14 відповідно.

За шахтним варіантом передбачено проведення двох штреків для підготовки лави, а за запропонованим передбачено повторне використання конвеєрного штреку. Таким чином у другому варіанті є економія витрат на проведення виробки. До розрахунку додаткових витрат на відновлення перетину по запропонованому варіанту входили витрати на підбивку підосви. А витрати на охорону виробки кострами і пакетованою смугою входили відповідно до обох розрахунків.

Розрахунок витрат на підбивку підосви при запропонованому варіанті.

Розрахунок очікуваного економічного ефекту виконано відповідно до діючих інструкцій. Витрати на підбивку підосви визначаються з виразу:

$$C = D \cdot N \cdot L,$$

де D – витрати із заробітної плати на підбивку 1 п.м виробки, грн.;

N – середня кількість підбивок підосви виробки в зонах активного зсуву порід і гірського тиску, що встановився, шт.;

L – довжина виїмкового стовпа, м.

Витрати по заробітній платі складаються з витрат за основною зарплатою, що визначається з розрахункової комплексної норми виробки та розцінки за виконаний обсяг роботи, а також з додаткових виплат, що визначаються коефіцієнтами нарахувань та доплат до основної зарплати.

Коефіцієнти нарахувань та доплат до основної заробітної плати прийняті відповідно до даних шахти.

Витрати на заробітну плату за підбивку 1 п.м виробки склали:

$$P_{\text{підр.}} = 858,86 \times 4,6 = 3950,76 \text{ грн.};$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок комплексної норми і розцінки при підривці порід

N	Вид робіт	Норми виробки м ³ /зм	Коефіцієнт розробки гірничої маси	Встановлена норма виробки, м ³ /зм	Тарифна ставка гірника, грн/п.м	Об'єм породи, м ³ /п.м.	Кількість чол-змін /п.м.	Розцінка, грн/п.м	Підстава
1	Розробка породи	2,50	0,9	2,25	212,32	4,9	2,18	462,86	Т.25,16
2	Навантаження породи	5,75	-	5,75	193,14	9,8	1,7	328,39	Т26,1
3	Осадка конвеєра	2,86	-	2,86	193,14	1,0	0,35	67,60	Т19,20
	Комплексна норма виробки, п.м.			0,232			4,53	858,86	

Таблиця 4.3 – Нарахування та доплати до основної заробітної плати

Найменування нарахувань і доплат	Значення коефіцієнтів
Нарахування на заробітну плату	0,5
Накладні витрати	0,6
Відрахування на соцстрахування	0,3
Виплата премій	1,3
Вислуга років	1,0
Додана вартість	0,2
Інші витрати	0,7
Разом	4,6

Середня кількість підривок підосви виробки з урахуванням результатів досліджень пучіння в періоди активних і зміщень.

$$N_{cp} = \Pi_a + \Pi_y \left[1 + \frac{U_a}{U_y} - \frac{U_{np}}{U_y} \cdot \left(\Pi_a + \frac{\Pi_y + 1}{2} \right) \right]$$

де Π_a та Π_y – число підривок підосви в періоди активних і усталених зсувів, відповідно, мм;

U_a та U_y – пучіння підосви в періоди активних та встановлених зсувів, відповідно, мм;

U_{np} – приведенне пучіння підосви, мм.

Вартість підривки підосви за статтею витрат «заробітна плата»:

$$З_{\text{подр. баз.}} = 3950,76 \times 1,7 \times 1120 = 7522,24 \text{ тис.грн}$$

Розрахунок витрати та вартості матеріалів при монтажі охоронних споруд за шахтним та запропонованим варіантами Вихідні дані до розрахунку обсягу та вартості матеріалів.

Об'єм матеріалу в одній дерев'яній стійці Ø 0,15 м

$$V_{\text{ст}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \ell$$

$$V_{oc}=3,14*0,15*0,15*1,8/4=0,031 \text{ м}^3$$

Об'єм матеріалу на 1 п.м виробки при 3-х рядах дерев'яного органного кріплення

$$V_{oc}=(1/0,15)0,031*3=0,62 \text{ м}^3$$

Об'єм матеріалу на 1 п.м. виробки при спорудженні дерев'яного суцільного накатного костра

$$V_{HK} = \frac{1}{D_{cm}} \cdot \frac{m_{вын}}{D_{cm}} \cdot V_{cm}$$

$$V_{oc}=(1,0/0,15)*(1,8/0,15)*0,031=2,48 \text{ м}^3$$

Маса бетону (m, т), що витрачається на 1 п.м виробки при спорудженні пакетованої смуги шириною $b = 3,36$ м, що виймається потужності вугільного пласта $m_{вин} = 1,8$ м та об'ємній вазі бетону $\rho = 2,2$ т/м³

$$m = l \cdot b \cdot m_{\rho} = 1 \cdot 3,36 \cdot 1,8 \cdot 2,2 = 13,3, \text{ т.}$$

Результати розрахунку витрати та вартості матеріалів на спорудження охоронної конструкції при базовому та запропонованому варіантах наведено у табл. 4.5 та 4.6, відповідно.

Таблиця 4.5 - Витрати та вартість матеріалів на спорудження охоронної конструкції при шахтному варіанті

Назва матеріала	Витрати матеріала, м ³		Вартість матеріала, тис. грн	
	На 1 п/м	На довжину в-ки	На 1 п/м	На довжину в-ки
3 ряда органки	0,62	1240	1,1	1364
Накатні костри	2,48	4960	1,1	5456
Разом	3,1	6200	1,1	6820

Таблиця 4.6 - Витрати та вартість матеріалів на спорудження охоронної конструкції при запропонованому варіанті

Назва матеріала	Витрати матеріала		Вартість матеріала, тис. грн	
	На 1 п/м	На довжину в-ки	На 1 п/м	На довжину в-ки
3 ряди органки	0,62 м ³	1240 м ³	1,1	1364
Пакетована смуга	13,3 т	26200	2,64	70224
Разом	-	-	-	71558

Витрати на проведення виробки при шахтному варіанті розрахуємо користуючись укрупненим розрахунком.

Вартість 1 м конвеєрного штрека в шахтному варіанті становить 45 тис. грн.

Вартість проведення виробки $45 \cdot 2000 = 90\,000$ тис.грн

Сумарні витрати по варіантам наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Зведені витрати по варіантам

Витрати	Шахтний	Запропонований	Шахтний	Запропонований
Проведення	90000	0	113,8088012	0
Охорона виробок	6820	71558	8,624178048	90,4881133
Підбивка за лавой	0	7522	0	9,511886697
Разом	96820	79080	122,4329793	100

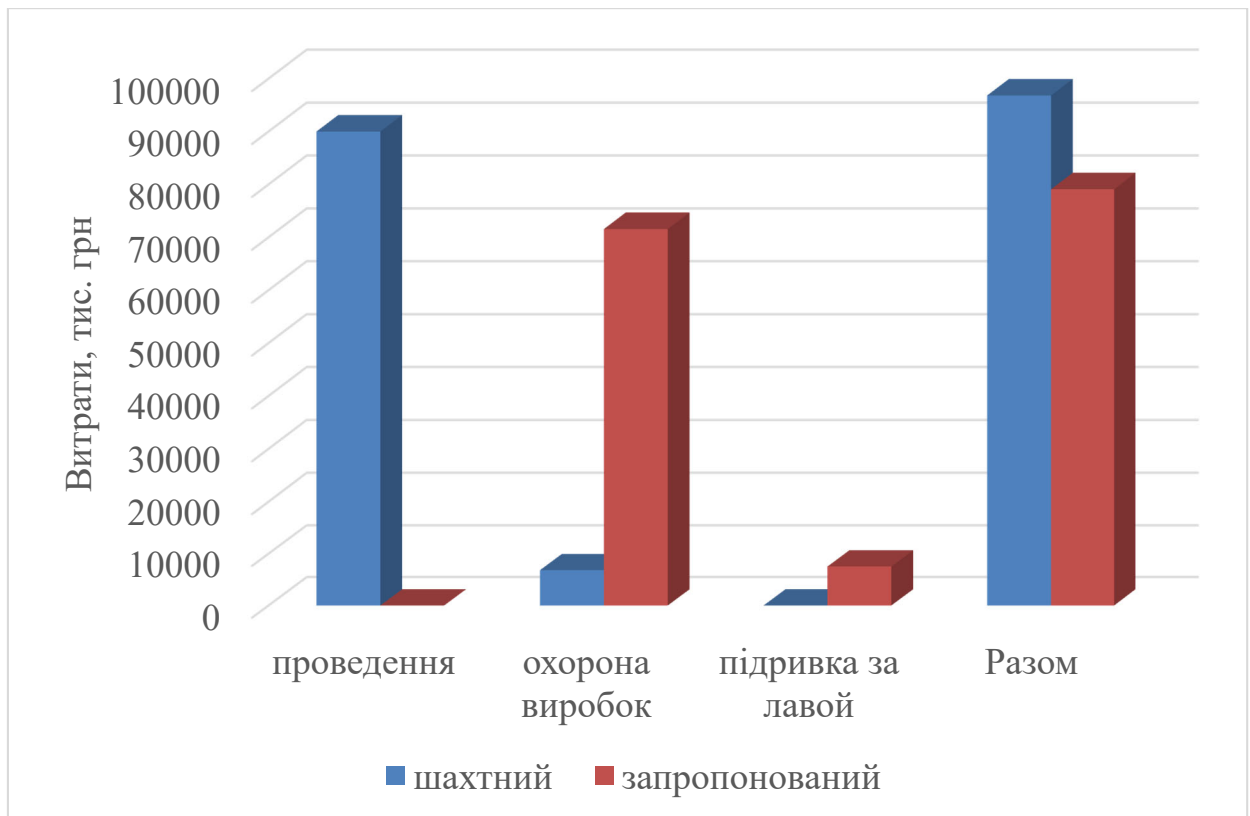


Рисунок 4.15 Графік зведених прямих витрат по варіантам

Аналіз результатів розрахунків дозволяє зробити висновок, що запропонований варіант охорони конвеєрних штреків пакетованою смугою для повторного використання на 22 відсотки дешевше по прямим витратам ніж шахтний варіант. В другому розділі магістерської роботи наведені розрахунки добового видобутку. При шахтному варіанті технологічної схеми навантаження на лаву обмежується газовим фактором, тому, що провітрювання виїмкової ділянки зворотньооточне. При цьому розрахунковий видобуток з лави становить 2540 т/добу (табл. 2.2). При повторному використанні конвеєрного штреку доцільно організувати прямооточне провітрювання з видачею вихідного струмені повітря через нижній ярус, що дозволить зняти обмеження навантаження на лаву по газовому чиннику без необхідності проведення флангових вентиляційних хідників (рис. 4.16). Рівень добового видобутку при цьому підніметься до 3117 т/добу (табл. 2.2) тобто збільшиться на 23%.

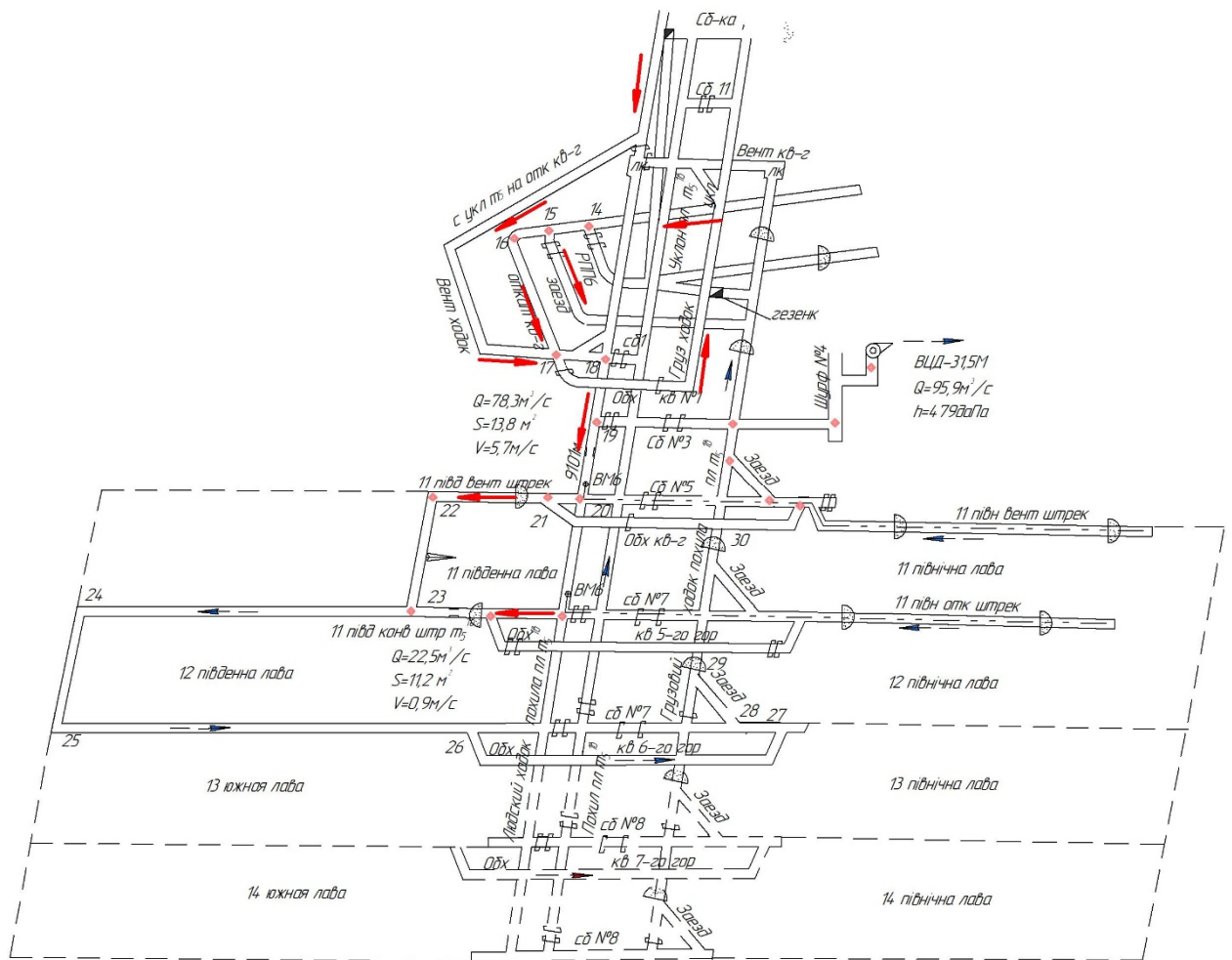


Рисунок 4.16 Схема прямооточного провітрювання виїмкової ділянки

Таким чином при реалізації запропонованої технологічної схеми добовий видобуток підвищиться на 23%, а витрати стануть меншими на 22%. Це дозволяє зробити висновок про доцільність зміни технологічної схеми очисних робіт.

5 Охорона праці і заходи з безпеки робіт

5.1 Вимоги правил безпеки для очисних робіт

Відповідно до вимог Правил Безпеки [38] при веденні очисних робіт мають бути розроблені спеціальні заходи з охорони праці для робіт на ділянці.

Перед виїмкою вугілля в лаві подається звуковий сигнал, через засоби гучномовного зв'язку. Перерозподіл секцій кріплення здійснюється за проходом комбайна при цьому гірники очисного вибою, які здійснюють пересування секції повинні знаходитися під захистом розпертої мехсекції [38].

Контроль CH_4 у шахтному повітрі ведеться безперервними стаціонарними пристроями контролю в автоматичному режимі, а також приладами епізодичної дії переносного типу. Максимальна концентрація CH_4

у вихідному струмені шахтного повітря, повинна бути не більше:

- з лави - 1% (1,3% при АГЗ),
- з ділянки – 1% (1,3% при АГЗ),
- крила шахти 0,75%,

у вхідному струмені на виїмкових ділянках - 0,5%,

місцеве скупчення - 2% [38].

Вугільний пласт m_5^1 схильний до самозаймання, тому слід стежити за якістю зачищення вугілля, щоб за лавою не залишалося вугільного штибу і інших горючих матеріалів. На робочих місцях, біля енергопоїздів, на вентвиробці повинні бути обладнані спеціальні пункти, укомплектовані засобами пожежогасіння [38].

При веденні робіт у лаві згідно з [38]:

- необхідно використовувати засоби індивідуального захисту – респіратори і захисні окуляри;
- забороняється одночасна робота комбайна з виїмки і доставка матеріалів по лаві за допомогою лавного конвеєра;

- необхідно використовувати виймальні машини з працюючою системою зрошення;
- необхідно вести всі роботи в лаві тільки під захистом кріплення;
- під час виконання робіт на сполученнях лави робочий простір має бути закріплений тимчасовим кріпленням;
- необхідно використовувати спеціальні заходи для знепилення повітря, які передбачають орошення на комбайні, на пересипах вугілля, в нішах/бермах проводиться зрошення вибою і зруйнованого вугілля перед транспортуванням конвеєром ручним зрошувачем, який приєднується до забойного водоводу;
- при орошенні джерел активного утворення пилу в воду слід додаватися хімічні рідини для зниження її поверхневої активності [38].

Оскільки пласт є газоносним, передбачаються наступні заходи з провітрювання, згідно [38]:

- контроль CH_4 шляхом установки датчиків автоматичного контролю;
- забезпечення індивідуальними сигналізаторами CH_4 гірників на пересипах;
- установка датчиків CH_4 на стацустановках з автоматичним відключенням електрики при перевищенні концентрації CH_4 ;
- застосування на комбайнах і конвеєрах автоматичних датчиків тиску води в протипожежному ставі [38].

В лаві необхідно обладнати вибій засобами автоматичного виявлення пожеж; приводні станції стрічкових конвеєрів повинні бути оснащені датчиками пробуксовки стрічки[38].

5.2 Протипожежний захист

Мережа пожежно-зрошувального трубопроводу має складатися з магістральних і дільничних ліній, діаметр яких незалежно від розрахунку на пропускну спроможність повинний бути не менше 100 мм [38].

Засоби пожежогасіння встановлюються [38]:

- а) біля пересувних насосних станцій: 2 порошкових і 2 пінних ручних вогнегасника, 1 пінний або порошковий пересувний вогнегасник;
- б) на сполученні вентштреку з лавою 1 порошковий і 1 пінний вогнегасник;
- в) біля навантажувального пункту лави 1 лопата, 1 пінний і 1 порошковий вогнегасник, 0,2 м³ піску або інертної пилюки в ящику;
- г) на вентштреці в 50÷100 м від лави встановлюються переносні водяні завіси, які приводяться в дію автоматично (для виїмкових ділянок, обладнаних гідрофікованими комплексами);
- д) у тупикових виробках довжиною більш 500 м, обладнують через кожні 50 м пожежними кранами і двома порошковими вогнегасниками, а в забої в пожежного крана, ящик із 2-ма рукавами довжиною по 20 м і пожежними стволами;
- е) у виробках, обладнаних стрічковими конвеєрами – через кожні 50 м пожежні крани і додатково по обох боках приводної голівки конвеєра, у 10 м від її – 2 пожежних крани. Поруч із ними повинний знаходитися пожежний ствіл і рукав довжиною 20 м. Кожні 100 м обладнують розподільні пункти з 1 пінним і порошковим вогнегасником, ящик із піском 0,2 м³, одна лопата. Біля приводних голівок конвеєрів встановлюються стаціонарні автоматичні водяні завіси;
- ж) у надшахтних спорудах установлюється не менше 3-х пожежних кранів діаметром не менше 75 мм, 7 порошкових і 2 пінних вогнегасника;
- з) в устяж усіх вертикальних стволів повинний бути облаштований кільцевий трубопровід із зрошувачами, а в самому стволі пожежнозрошувальний трубопровід [38].

5.3 Заходи безпеки при спорудженні пакетованої смуги

При веденні робіт по зведенню пакетованої смуги необхідно дотримуватись таких заходів безпеки:

- всі гірники, залучені до роботи, мають бути забезпечені протипиловими респіраторами, захисними окулярами, гумовими або поліуретановими перчатками;
- при роботі з мішками СЦМС Tekhard треба дотримуватися обережності. Торкатися мішків СЦМС Tekhard без перчаток забороняється;
- не треба доставляти в виробки СЦМС Tekhard в кількості, що перевищує потрібну на робочу добу порцію;
- до повного затвердіння СЦМС забороняється проводити інші роботи в зонах лави поблизу охоронної смуги.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи вирішено актуальне завдання удосконалення технологічної схеми очисних робіт на пласті m_5^1 ш. «Добропільська» ДП «Добропільвугілля-видобуток», за рахунок зміни схеми провітрювання на прямоточну і забезпечення повторного використання штреків.

Проведений аналіз шахтної технологічної схеми очисних робіт дозволив дійти висновку, що техніка очисного вибою, що використовується на підприємстві, відповідає сучасному стану і не потребує заміни. Аналіз техніко-економічних показників роботи вибою дозволив дійти висновку, що внаслідок зворотноточного провітрювання лави видобуток обмежується 2540 т/добу через газовий чинник. Зміна схеми провітрювання дозволяє збільшити навантаження на лаву на 600т/добу. Однак невирішеним при цьому є питання забезпечення повторного використання виробок. В шахтному варіанті штреки після прохода лави погашаються.

Аналіз літератури свідчить, що в гірничо-геологічних умовах шахти цілком реально використовувати повторне використання. Світовий досвід пропонує декілька рішень для цього. Одне з найкращих – жорсткі охоронні смуги з бетону, або його аналогів. Досвід використання таких смуг є в Україні. Оскільки повторне використання штреків є актуальною задачею в світлі тематики магістерської роботи, запропоновано використання охоронних жорстких смуг з твердіючих матеріалів для охорони виробок. Як варіант, що найбільше підходить до умов підприємства пропонується використання пакетованих полос з СЦМС.

Нормативних інструкцій по розрахуку параметрів таких споруд в Україні немає. Тому було проведено дослідження. Проведене комп'ютерне моделювання дозволило встановити необхідну ширину таких полос для умов шахти. З запропонованих трьох варіантів дизайну пакетованої смуги обрано

смугу з двох частин з різною швидкістю твердіння. Обґрунтовані параметри і наведено технологію спорудження таких полос.

Наведені результати техніко-економічного аналізу довели доцільність запропонованих змін. Видобуток з лави збільшується до 3117 т/добу, тобто на 23%, а витрати на реалізацію запропонованого варіанту зменшується на 22% відносно шахтного.

Наведено вимоги охорони праці і заходи з техніки безпеки.

Перелік посилань.

1. Проект развития шахты «Добропольская ПСП «Шахтоуправление Добропольское» ТОВ «ДТЕК Добропольеуголь», Днепргіпрошахт. 2014. 412 с.
2. Геологічний звіт про дорозвідку поля ш. «Добропільська ПСП «Шахтоуправління Добропільське» ТОВ «ДТЕК Добропільлявугілля» м. Добропілья, 2017 р.
3. Проект отработки 10 южной лавы уклона пласта m51в горизонта 450м ООО «ДТЭК Энерго» Шахтоуправление «Добропольское» «Шахта «Добропольская» м. Добропілья, 2019 р.
4. Karacan, C.Ö. “Degasification system selection for US Longwall Mines using an Expert Classification System.” Computers & Geosciences 35 (2008): 515-526.
5. Zhao JL, Wang PF and Su Y (2017) An innovative longwall mining technology in Tangshan coalmine, China. Minerals 7(1): 14.
6. Zhang, G.; He, M.; Yu, X.; Huang, Z. Research on the technique of no-pillar mining with gob-side entryformed by advanced roof caving in the protective seam in Baijiao coal mine. J. Min. Saf. Eng. 2011, 28,511–516.
7. Федоров, Г.П. Повышение эффективности проведения выработок с закладкой породы в выработанное пространство / Г.П. Федеров, В.Л. Сердюк // Уголь. – 1977. – № 11. – С. 31-35.
8. Сушко, И.Л. Область и объемы применения проведения выработок вслед за лавами с закладкой породы комплексом «Титан-1» / И.Л. Сушко // Уголь –1976. – № 9. – С. 27-30.
9. Бесцеликовая отработка пластов / Худин Ю.Л., Устинов М.И., Брайцев А.В., Ардашев К.А., Бажин Н.П. [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
10. Черняк, И.Л. Управление состоянием массива горных пород / И.Л. Черняк, С.А. Ярунин. – М.: Недра, 1995. – 395с.

11. Chudek M. Geomechanika z podstawami ochrony srodowiska gorniczego i powierzchni terenu. Wyd. Pol. Sl., Gliwice, 2002.
12. Лурий, В.Г. Новый способ охраны и поддержания выработок при бесцеликовой технологии / В.Г. Лурий, Ю.Г. Романов, К.Д. Лукин // Уголь. – 1989. – № 10. – С. 20-21.
13. Середенко М.И. Новые крепи и способы поддержания повторно используемых подготовительных выработок при бесцеликовой технологии: Обзор – М.: ЦНИЭИуголь, 1981. – 48 с.
14. Ильин, А.И. Шахтные специальные крепи из породных стоек /А.И. Ильин, В.М. Теросипов, С.А. Баранов // Уголь Украины. – 2003. – №3. – С. 14-15.
15. Ефименко, А.А. Околоштрековая охранная полоса из автомобильных шин / А.А. Ефименко // Уголь Украины . – № 6 – 1998. – С. 13-14.
16. Дестерик, Н.И. Охрана откаточных штреков железобетонными тумбами / Н.И. Дестерик // Уголь Украины. – 1973. – № 1. – С. 25-28.
17. Бирюков, В.А. Охрана откаточного штрека в тяжелых горно-геологических условиях тумбами из железобетонных блоков / В.А. Бирюков, А.А. Котелевец // Уголь Украины. – 1975. – №8. – С. 32.
18. Заславский, И.Ф. Охрана повторно используемых выработок на шахте «Комсомолец Донбасса» / И.Ф. Заславский, Н.А. Боев, В.Н. Чураков // Уголь Украины – 1983. – №2. – С. 16-18.
19. Бажин, Н.П. Пути повышения эффективности охраны выработок тумбами из блоков / Н.П. Бажин, В.Н. Рева, А.Н. Тимохин // Управление деформациями горного массива: Сб. науч. тр. / ВНИМИ. – Ленинград, 1986. – С. 52-55.
20. Бесцеликовая отработка пластов / Худин Ю.Л., Устинов М.И., Брайцев А.В., Ардашев К.А., Бажин Н.П. [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 280 с.

21. А. с. 1010279 СССР, МКИ Е 21 D 13/02. Способ поддержания сопряжения выработанного пространства с подготовительной выработкой / И.Л.Черняк, Ю.И. Бурчаков [и др.]. – опубл. 07.04.83, Бюл. № 13.

22. Заславский, И.Ю. Эффективность применения литых жестких полос для охраны выемочных штреков / И.Ю. Заславский, А.Г. Файвишенко, А.П. Захаров // Уголь Украины – 1986. – №6. – С. 18-19.

23. Хаарман, К. Улучшение состояния выемочных штреков с помощью ангидритовой полосы / К. Хаарман, Э. Вагнер // Глюкауф. – 1970. – № 22. – С. 21-24.

24. Ланге, Р. Опыт возведения околострековых полос из блицдеммера / Р. Ланге, Б. Раус, Р. Гарте // Глюкауф. – 1971. – № 13. – С. 31-40.

25. Порядок применения «Технологического регламента поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами» / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 83. – С. 3-13.

26. Солодянкин, А.В. Поддержание подготовительных выработок для их повторного использования / А.В. Солодянкин, М.Э. Мищенко // Материалы конференции “Перспективы развития строительных технологий”, Днепропетровск, Государственный ВУЗ «НГУ». – 2013. – С. 228-234.

27. Байсаров, Л.В. Ресурсосберегающая технология крепления и производства работ по возведению жестких литых полос для поддержания конвейерных штреков / Л.В. Байсаров // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 47. – С. 46-52.

28. Peter, H. Angebot und Verzwendung von Gips und Anhydritronstoffen in der DDR / H. Peter // Baustoffindustrie. – 1989. – № 2. – S. 55-57.

29. Демченко, А.И. Опыт обеспечения высокопроизводительной работы лав на пластах средней мощности / А.И. Демченко // Уголь Украины. – 2003. – № 6. – С. 37-41.

30. Математическое и физическое моделирование поведения высоконагруженных комбинированных систем: Отчет о НИР (промежуточный) / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины; руководитель Б.М. Усаченко. – Днепропетровск, 2007. – 80 с. – № 0106U003276; инв. № 6841.

31. Овчинников, В.Ф. Состояние и перспективы управления труднообрушаемыми кровлями на шахтах Донбасса / В.Ф. Овчинников, Н.Н. Калисько, В.А. Дротик // Уголь Украины. – 2005. – № 7. – С. 6-7.

32. Научные основы управления состоянием высоконагруженных подземных комбинированных систем с целью повышения эксплуатационной надежности охранных конструкций: Отчет о НИР (заключительный) / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины; руководитель Б.М. Усаченко. – Днепропетровск, 2009. – 109 с. – № 0106U003276; инв. № 7044.

33. Временная инструкция по охране выемочных выработок полосами из твердеющих материалов. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. – 20 с.

34. Сергиенко, В.Н. Комплексные исследования деформационно-прочностных свойств твердеющих материалов для литых полос / В.Н.Сергиенко, О.Д. Кожушок, Л.В. Прохорец // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. /ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 65. – С. 45-51.

35. Гепте, М. Возведение околострековых полос из гидравлических вяжущих материалов / М. Гепте // Глюкауф. – 1970. – № 2. – С. 13-24.

36. Нелачны, П. Способы обеспечения устойчивости подготовительных выработок в шахте «Земовит» / П. Нелачны, К. Сетляк, Л.

Седлак // Новые технологии подземного строительства и добычи полезных ископаемых: мат. междунар. научн.-техн. конф., 11-13 апреля 2008 г. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. –С. 34 – 36.

37. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами» / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2009.

38. Правила безпеки у вугільних шахтах (НПАОП 10.0-1.01-10) [Електронний ресурс] / URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10/> (дата звернення 22.04.2022).