

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет

інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра

фармації, виробництва та технологій

(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

(бакалавр, магістр)

напряму підготовки 184 – Гірництво

(шифр і назва напряму підготовки)

спеціальності \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

на тему Обґрунтування параметрів технології зміцнення нестійкої покрівлі в  
лавах ш. ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля"

Виконав: студент групи Гір-20дм

Чумак М.М.

(прізвище, та ініціали)

.....

(підпис)

Керівник Тарасов В.Ю.

(прізвище та ініціали)

.....

(підпис)

Завідувач кафедрою Тарасов В.Ю.

(прізвище та ініціали)

.....

(підпис)

Рецензент Антощенко М.І.

(прізвище та ініціали)

.....

(підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ фармації, виробництва та технологій \_\_\_\_\_

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_

(бакалавр, магістр)

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 184 – Гірництво \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Спеціальність \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ФВТ

В.Ю. Тарасов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Чумаку Михайлу Миколайовичу

**1. Тема проекту (роботи) :**

Обґрунтування параметрів технології зміцнення нестійкої покрівлі в лавах  
ш. ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля"

Керівник проекту (роботи) Тарасов В.Ю., д.т.н., доцент

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

затверджені наказом по інституту від 02.09.2021 р. № 01-08/50с.

**2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту (роботи) - 10 грудня 2021 р.**

**3. Вихідні дані до проекту (роботи):** літературні, патентні та регламентні дані.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Обґрунтування вибраного напрямку роботи. 3. Теоретична частина. 4. Дослідна частина. 5. Прикладна частина. 6. Екологія та охорона навколишнього середовища. 7. Охорона праці. 8. Економічна частина. Висновки. Анотація. Література. Додатки.

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

1. Способи зміцнення нестійких порід покрівлі (1 лист).
2. Результати експериментальних досліджень (1 лист).
3. Аналіз порушення порід покривель (1 лист).
4. Технологічна схема (1 лист).
5. Креслення технічних засобів (1 лист).

**6. Дата видачі завдання - 4 листопада 2021 року.**

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	05.11.2021	
2	Аналітичний огляд	06.11.2021	
3	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	09.11.2021	
4	Теоретична частина	10.11.2021	
5	Дослідна частина	18.11.2021	
6	Прикладна частина	28.11.2021	
7	Екологія та охорона навколишнього середовища	04.12.2021	
8	Охорона праці	06.12.2021	
9	Економічна частина	08.12.2021	
10	Висновки. Анотація. Література	09.12.2021	
11	Графічна частина	10.12.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ Чумак М.М. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Тарасов В.Ю. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 98 сторінок машинописного тексту, 5 таблиць, 21 рисуноків, 20 використаних літературних джерел. Листів графічної частини – 5.

### ХІМІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОКРІВЛІ, КАРБОМІДНІ СМОЛИ, ПОЛІВІНІЛАЦЕТАТНА ДИСПЕРСІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ

Мета дипломної роботи – підбір економічно обґрунтованого способу та складу укріплення покрівлі у виймальній дільниці.

Виконано огляд науково-технічної та патентної літератури стосовно існуючих методів укріплення покрівлі у виймальній дільниці, проаналізовано можливість використання складу, розробленого на основі карбамідної смоли та полівінілацетатної дисперсії.

Підібрано комбінований спосіб зміцнення покрівлі, запропонована нагнітальна установка для застосування на шахті ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля",

Надано рекомендації та пропозиції для промислового використання результатів аналізу досліджень.

Очікуваний економічний ефект від упровадження більш прогресивної технології складе 479 тис. грн.

## ЗМІСТ

Вступ	06
1 Аналітичний огляд	07
1.1 Типи і форми руйнування гірських порід	07
1.2 Зміцнення порід в очисних забоях хімічними способами	16
1.3 Обґрунтування технології зміцнення порід	25
1.4 Патентний огляд	29
2 Обґрунтування вибраного напрямку роботи	34
3 Теоретична частина	35
3.1 Способи зміцнення нестійких порід покрівлі	35
3.2 Параметри технологічної схеми зміцнення порід	45
4 Дослідна частина	48
4.1 Мета дослідження	48
4.2 Аналіз стану технології зміцнення	49
4.3 Методика досліджень	50
4.4 Аналіз досліджень властивості порушених масивів порід	52
4.5 Дослідження залежності тріщинуватої проникності	54
4.6 Обґрунтування параметрів технології зміцнення покрівлі	58
4.7 Висновки з дослідної частини	64
5 Прикладна частина	65
5.1 Рекомендації з промислової реалізації результатів експерименту	65
5.2 Аналіз порушення порід покрівель	66
5.3 Характеристика скріплювальних складів	70
5.4 Організація робіт	72
5.5 Характеристика технічних засобів	75
5.6 Геологічна характеристика зміцнення порід	79
6 Екологія та охорона навколишнього середовища	82
7 Охорона праці	86
8 Економічна частина	91
Висновок	93
Анотація	94
Література	97

## ВСТУП

Стабільність роботи лав у складних гірничо-геологічних умовах в основному залежить від стійкості покрівлі. Вивали порід із покрівлі вугільних пластів відбуваються у 30,0 % лав Донбасу. При цьому на 30-40 % знижується видобування вугілля та продуктивність праці робітників очисного вибою, в 1,5-2,0 рази збільшується собівартість 1 т вугілля та на 2-4 % зольність.

За для запобігання вивалів породи застосовується завчасне зміцнення покрівлі нагнітанням скріплюючих складів та армуванням [2]. Рівень технології фізико-хімічного зміцнення гірничих порід, об'єми й ефективність її застосування, що досягли у середині 80-х свого піка в Донбасі, недостатньо відповідали вимогам виробництва: зміцнення застосовувалося менше чим у 30% лав із нестійкими покрівлями; використовувалися дорогі поліуретанові склади; велика витрата скріплюючих складів і висока вартість робіт по зміцненню обумовлені тим, що параметри технології були призначені на організаційній основі без обліку гірничо-геологічних умов. Основний параметр технології зміцнення скріплюючими складами – довжина шпуру. В нормативних документах вона призначена рівною 4 м незалежно від умов і місця робіт по зміцненню. Розмір зони тріщинуватої покрівлі спереду лави значно менший, ніж на сполученні лави з виробкою, чим навколо виробки. Щоб уникнути непродуктивних витрат на буріння шпурів, знизити витрати скріплюючих складів, довжина шпурів не повинна перевищувати розмір зони тріщинуватих порід спереду лави. У зв'язку з цим задача обґрунтування параметрів технології зміцнення нагнітанням складів, яка включає вивчення фільтраційних (коефіцієнт проникності, неоднорідність, анізотропія), механічних властивостей тріщинуватого масиву спереду вибою лави, тобто на механічній підставі, є актуальною.

Метою роботи є обґрунтування параметрів технології фізико-хімічного зміцнення покрівлі на ділянках лави, на основі закономірностей структурно-механічних властивостей порушеного масиву порід шляхом визначення його параметрів для підвищення ефективності роботи.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Типи і форми руйнування гірських порід

Ефективність роботи кріплення визначається не стільки первинним напруженим станом порідного масиву, скільки поведінкою порідних шарів після появи перших руйнувань порід, під час і після розвитку подальших руйнувань порідного масиву в безпосередній близькості від кріплення. Тому вимагалось привести різноманіття форм руйнування порід до певної системи. На основі вивчення міцних властивостей гірничих порід, шахтних спостережень і моделювання визначені такі найважливіші залежності.

Доцільно розрізняти первинні і вторинні руйнування. Така відмінність важлива для взаємодії порід і кріплення тому, що кріплення може чинити дію лише на вторинні руйнування.

Якщо в якій-небудь точці масиву напруження перевищать межу міцності породи, то спочатку виникає лише обмежене по поширенню руйнування – первинне руйнування. Це руйнування змінює напружений стан порідного масиву в прилеглий до нього зоні, що призводить до концентрації напружень, яка після виникнення невеликих деформацій обумовлює появу нових руйнувань, що є вторинними.

Шаруватий порідний масив навколо гірничих виробок доцільно підрозділяти по можливості на окремі пачки у напрямі нашарування. До перших відносяться, наприклад, породи безпосередньої покрівлі над при вибійним простором з обваленням покрівлі, а також оголення порід і вугілля в очисних і підготовчих виробках. До других пачок, які все ще не мають нагоди розширитися уздовж нашарування, відносяться, зокрема, шари безпосередньої покрівлі над лавою з повною закладкою виробленого простору.

Руйнування порідного масиву, що виникають навколо гірничої виробки, утворюють дві принципово різні групи залежно від того, можуть або не можуть відповідні порідні пачки піддаватися деформаціям розтягування у напрямі нашарування.

Круті злами по площинах зрушення можуть бути нахилені у бік вугільного масиву або виробленого простору, а також поперемінно в обох напрямках. В останньому випадку утворюються клиноподібні блоки, що суттєво ускладнюють управління покрівлею. Пологі злами по площинах зрушення, що нерідко утворюються над або під штреками у вигляді насувів нетектонічного походження, є причинами зменшення площі поперечного перетину вироблень. Злами по площинах зрушення в покрівлі лав за відсутності бічного тиску, що зв'язує розділені порідні блоки, можуть приводити до завалів лав. Всі круті площини розриву ведуть до вивалів породи з покрівлі в лавах. Є й інші форми руйнування порідного масиву, які, однак, не представляють особливого інтересу відносно кріплень очисних вироблень.

Як єдину порідну пачку можна розглядати сукупність порідних шарів, що мають по всій своїй потужності однаковий характер руйнування. Така пачка може складатися з декількох шарів порід різної міцності (включаючи вугільний пласт) і відділятися від інших пачок поверхнями ковзання.

Поверхнями ковзання служать чітко помітні прошарки порід з низьким коефіцієнтом тертя по їх контактах. Однак вони можуть утворюватися також під впливом очисних робіт по слабких порідних прошарках.

Площини ковзання значною мірою зумовлюють форму руйнування порідного шару. Вони створюють умови для розвантаження шарів в паралельному нашаруванню напрямі зі всіма наслідками що з цього витікають. В таких умовах внаслідок виникнення первинних і вторинних руйнувань утворюються клиноподібні злами по площинах зсуву, причому нерідко на невеликій відстані один від одного, оскільки потужність порідної пачки несумірно мала в порівнянні з її розмірами по нашаруванню, а точки додатку навантаження постійно переміщуються по мірі посування лави. З другого ж боку, поява клиноподібних вивалів свідчить про наявність площин ковзання в безпосередній покрівлі лави. Останні спільно з опором кріплення зумовлюють характер зсовувань порідного масиву, наступних за утворенням зламів в покрівлі пласта.



Паралельні нашаруванню тріщини утворюються в шаруватих породах. При опусканні порід з однією із сторін розшарування стає віялоподібним, однак перекиданню шарів перешкоджає горизонтальний опір. Паралельні нашаруванню тріщини зустрічаються в породах покрівлі і ґрунти підготовчих виробок, а також в покрівлі лав, переважно при відході від розрізної печі.

Нормальні до нашарування тріщини особливо часто зустрічаються в покрівлі лав. Відстань між ними може бути дуже невеликою. При обваленні безпосередньої покрівлі, розділеної такими тріщинами, часто утворюються порідні призми висотою в декілька дециметрів при незначних поперечних розмірах – всього в декілька сантиметрів. Нормальні до нашарування тріщини сприяють висипанню порід з покрівлі.

Тріщини, що мають нахил до забою лави, перетинають безпосередню покрівлю на висоту, що досягає при певних обставинах двократної потужності пласта. Однак часто їх можна знайти лише в невеликій по потужності порідній пачці, якщо вище розміщений порідний шар відрізняється високою міцністю або якщо він не має нагоди зміщуватися в горизонтальному напрямі (наприклад, при управлінні покрівлею повною закладкою виробленого простору). Безпосередня покрівля з такими тріщинами може бути додатково перетнута тріщинами нормальними до нашарування (при відстані між тріщинами, наприклад, 150 см).

Тріщини, нахилені у бік виробленого простору, постійно мають на своїх площинах сліди ковзання, а самі вони звичайно заповнені порідним штибом. Тріщини цього виду розташовуються одна за одною. Зсуви порід покрівлі відбуваються по декількох площинах зрушення, розташованих між вибоєм і виробленим простором.

Вивали порід з покрівлі можуть відбуватися по площинах, утворених тріщинами, нахиленими у бік вибою й у бік виробленого простору. Обидві ці системи вторинного тріщино-утворення часто супроводжують одна одну. При невчасному підхопленні кріпленням голої покрівлі з неї можуть вивалюватися призмообразні брили великих розмірів.

У багатьох випадках на основі ознак стану покрівлі (тріщини, вивали, сліди ковзання) уявляється можливим судити про характер її зрушення і, отже, про причини тиску покрівлі на опори (стійкі, закладний масив). Нижче розглядається класифікація, запропонована О. Якобі [10].

Групи тріщин. Блоки, що утворюються при руйнуванні порідного масиву, можуть мати випадкові, неоднакові форми. В цьому випадку говорять про незакономірне руйнування. Але форма порідних блоків може і повторюватися. Якщо умови навантаження порідного масиву залишаються незмінними у міру посування очисного забою, то можна говорити про закономірну форму руйнування. Тріщини, що повторюються однаковим чином, пов'язані з характерними для них зсувами порідного масиву. Тріщини можуть утворюватися також і в змішаних формах. Деформація порідного шару може відбуватися внаслідок його однобічного опускання або стиснення (зменшення товщини) або ж при сумісній дії обох цих видів зрушення порідного масиву.

Тріщини, паралельні нашаруванню (R1). Якщо повертати прямокутник навколо точки на одній з його сторін, то точки, що перебувають на протилежній стороні, переміщатимуться по колах, дещо виходячи за межі первинного контуру. Якщо ж можливість бічного зрушення обмежена, оскільки сусідня ділянка порідного масиву не допускає руху в горизонтальному напрямі, то виникають сили, що віджимають окремі шари в протилежному напрямі і зміщують їх відносно один одного. Чим менше міцність зчеплення на контактах шарів і чим сильніша протидія боковому зрушенню, тим інтенсивніше розшарування порідної пачки. Однак такого роду розшарування можливе лише тоді, коли порідна пачка, що деформується, піддається слабкому вертикальному стискуванню. При сильному вертикальному стискуванні на контактах нашарувань з'являються додаткові сили тертя, що утрудняють відносні зсуви по площинах нашарувань. Тому паралельні нашаруванню тріщини з'являються в породах безпосередньої покрівлі лише над при вибійним або виробленим простором, але не над пластом.

Тріщини, перпендикулярні нашаруванню (R2). Опускання безпосередньої

покрівлі починається вже над при вибійною крайовою частиною пласта під дією випереджаючого опорного тиску. Однак внаслідок сильного підпору покрівлі пластом тут не можуть відбутися відносні зсуви шарів по їх контактах (тобто паралель нашаруванню) через великі сили тертя. В цьому випадку відбувається розділення порідної пачки площинами, перпендикулярними до нашарування.

Тріщини, розташовані косо по відношенню до нашарування з нахилом на забій (R3). Якщо до вертикального тиску додається зсув (видавлювання) пласта в при вибійний простір, що передається за рахунок сил тертя породам покрівлі, то за відсутності опору горизонтальному зміщенню покрівлі (при управлінні нею повним обваленням) в ній утворюються тріщини, падаючі у напрямі забою. В ґрунті утворюються аналогічні тріщини, але з нахилом в протилежному напрямі.

Такі тріщини в безпосередній покрівлі з'являються над при вибійною частиною пласта. Тут діють сили підпору і від зрушення пласта в при вибійний простір лави. Косі тріщини розкриваються в більшій мірі у верхній частині порідної пачки, а розчленовані ними порідні блоки взаємно зміщуються, так що порідна пачка стає тонше. Якщо зусилля зрушення з боку пласта перестає діяти, тріщини знову закриваються і при подальшому повороті розчленованих ними порідних блоків виникають значні сили тертя. Після виїмки вугілля з-під порушеної такими тріщинами смуги безпосередньої покрівлі зусилля підпору значно зменшуються, і косі поверхні розлому дістають можливість обернутися у зворотному напрямі. При цьому тріщини розкриваються вже в нижній частині порідної пачки. Тоді як безпосередня покрівля поблизу забою при розкритих косих тріщинах є достатньо розпушеною і її нижня поверхня увігнута, вздовж завальної сторони при закритих тріщинах вона вже «ущільнена», а її поверхня набуває опуклу форму.

Подібний процес розвороту порідних блоків над при вибійним простором лави є особливо небезпечним. При розкритих тріщинах зменшується або навіть повністю зникає тертя між поверхнями блоків, внаслідок чого виникає

небезпека їх вислизання і обвалення в при вибійний простір. Таким чином, кріплення повинне протидіяти не лише навантаженням від ваги порід безпосередньої покрівлі, що відділилися від масиву, але і зусиллям, прагнучим розвернути розчленовані косими тріщинами порідні блоки, з тим щоб зберегти діючі між ними сили тертя.

Тріщини, розташовані косо до нашарування з нахилом убік виробленого простору (R4). Подібні тріщини утворюються в тих випадках, коли породи безпосередньої покрівлі зсовуються над опорою (наприклад, над крайовою частиною пласта) у бік при вибійного простору лави. Вони зустрічаються особливо часто при слабких породах безпосередньої покрівлі і міцному куті.

Клин-утворюючі тріщини. Слабкі порідні шари в безпосередній покрівлі, що перебуває над площинами ковзання, можуть піддаватися тому, що зімне (тобто деформації із зменшенням товщини) внаслідок зрушення блоків, розчленованих клин-утворюючими тріщинами, під дією випереджаючого опорного тиску.

Тріщини в при вибійній частині пласта. Якщо міцність порід покрівлі мало відрізняється від міцності вугілля, то тріщини, що утворюються в покрівлі, можуть поширюватися на пласт. В цьому випадку, особливо у верхній пачці пласта, зустрічаються косі тріщини, що мають нахил у напрямі руху вибою. Поверхня таких тріщин зовні має вид крихкого зламу без слідів ковзання.

Косі тріщини, нахилені убік виробленого простору, навпаки, мають сліди ковзання, оскільки вони, як і відповідні тріщини в покрівлі пласта, є результатом зрушення, обумовленого дією випереджаючого опорного тиску. Такі тріщини в пластах зустрічаються особливо часто, навіть якщо їх немає в безпосередній покрівлі. Пласт, що знаходиться в умовах пружного стиснення під дією ваги всієї товщі порід що налягають, може розвантажуватися у бік при вибійного простору саме по таких похилих поверхнях розриву. У багатьох випадках утворюються системи тріщин, які розчленовують пласт на видні блоки, видушуванні в при вибійний простір.

Досліди на моделях показують, що клиновидні вивали в покрівлі з'являються лише в тих шарах, які мають нагоду бічного зрушення і відокремлені від решти масиву площинами ковзання. Аналогічні тріщини зустрічаються і в шахті в таких же гірничо-геологічних умовах. В порідному масиві можна зустріти різні відхилення від одержуваних на моделях форм руйнування, у зв'язку з тим, що клин-утворюючі тріщини можуть перетинатися з іншими тріщинами тектонічного походження.

Клиновидні блоки, що утворюються, зміщуються відносно один одного по площинах руйнування. Цей зсув має дві компоненти: нормальну до нашарування, викликає зменшення товщини шару, що деформується, і паралельну нашаруванню, викликає його подовження. При зсуві гострі кінці клинів мнуть, причому той, що вказане зімне може глибоко проникати в глиб клиновидного блоку. В подібному випадку найсильніший відносний зсув клиновидних блоків спостерігається приблизно в середині шару, що деформується. Якщо клин-утворюючі тріщини перетинають як безпосередню кривлю, так і пласт, то у міру посування лави в покрівлі з'являються виступи як наслідок взаємних зсувів блоків покрівлі і пласта.

При виїмці пласта за таким виступом в покрівлі (під клиновидним порідним блоком, що звужується вгору) слід чекати вивалу роздроблених порід. Тому в таких місцях кріплення повинне встановлюватися особливо ретельно.

У випадку якщо зсув безпосередньої покрівлі по нашаруванню відбувається безперешкодно, стан рівноваги не може наступити без вже згаданого руйнування кінців клинів, проникаючого на певну глибину всередину порідних блоків. Взаємні зсуви клиновидних блоків починаються тоді над пластом в декількох метрах від забою. За рахунок розпору безпосередньої покрівлі між кріпленням лави і основною покрівлею можна збільшити сили тертя, перешкоджаючи зрушення покрівлі у напрямі виробленого простору і її подальшому руйнуванню, і обмежити число розвиваються над при вибійною частиною пласта клиновидних вивалів з покрівлі до одного – трьох. Розрахунками встановлено, що при збільшенні

робочого опору кріплення в два рази число беруть участь в процесі того, що зійме в безпосередній покрівлі порідних клинів зменшується на один – два. Таким чином, кріплення лави може до певної міри впливати на зрушення і явища вторинного руйнування покрівлі. При коефіцієнті тертя по площині ковзання, рівному 0,3, робочий опір кріплення повинно бути в три рази вище, ніж при коефіцієнті тертя 0,6. Вже при коефіцієнті тертя 0,75 розвиток клиновидних вивалів може бути повністю локалізовано, а для попередження зминання покрівлі необхідний мінімальний робочий опір кріплення.

Передумовою зминання безпосередньої покрівлі у формі взаємного зрушення клиновидних блоків є можливість зрушення покрівлі у напрямі виробленого простору. Якщо обваленню безпосередньої покрівлі у виробленому просторі перешкоджає повна або часткова закладка або ж лише викладка кострів, клиновидних вивалів з покрівлі в лаві не відбувається. В моделі після посування забою на 4 м (40 м в натурі) була застосована повна закладка. Вплив попередньої роботи з обваленням покрівлі відчувався ще на 2 м посування забою, потім зсув порідних блоків по клин-утворюючих тріщинах припинився, після чого такі тріщини взагалі перестали виникати.

Як показують результати моделювання, клин-утворюючі тріщини, що з'явилися над при вибійною частиною пласта, в породах покрівлі закінчуються під площиною ковзання, а знизу обмежуються ґрунтом пласта. Нерідко в утворенні клиновидних блоків бере участь і шар слабких порід ґрунту над площиною ковзання. За наявності в покрівлі декількох, площин ковзання можуть спостерігатися системи клиновидних тріщин різної висоти. Безпосередньо вздовж забою внаслідок осідання утворюється виступ, висота якого поступово зменшується уздовж тріщини.

Клин-утворююча тріщина вгорі більш крута, ніж внизу, що взагалі характерне для тріщин цього типу. Над стійками видно ще декілька таких тріщин. Зсув порід відбувається лише до половини висоти тріщин.

При подальшому відпрацюванні моделі руйнування покрівлі розповсюдилося майже на всю висоту тріщин. Такої ж висоти досяг і вивал з

покрівлі. Перед порожниною вивалу розкрилася паралельна нашаруванню тріщина. Помітнішими стали: тріщини над стійками. Вся безпосередня покрівля над при вибійним простором змістилася убік виробленого простору.

Після цього відбулося обвалення покрівлі по тріщинах, що раніше утворилися. Порожнина клиновидного вивалу розширилася. Без викладення кострів над кріпленням, поза сумнівом, висипалася б і решта частини роздроблених порід. Шари безпосередньої покрівлі над пластом ще більш змістилися по горизонталі убік виробленого простору.

Порівняно невеликий вивал покрівлі нерідко є лише частиною розгалуженої системи клин-утворюючої тріщинуватості, з якої за певних умов можуть виникнути величезніші вивали. В одній з моделей вивал відбувся, наприклад, під вістрям клиновидної зони, обмеженої пересічними тріщинами, що розширюється догори. Одна з тріщин, що витікає з вістря клину, в середній своїй частині розкрита, що пояснюється відносним зсувом порідного блоку і зміною нахилу тріщини. В шахті такого роду розкриття тріщини нерідко можна спостерігати в гострій частині клиновидного вивалу. Над розкритою частиною тріщини знаходиться направлений вниз клин з східчастим зламом у вузькій частині. В середній частині моделі спостерігалася коса тріщина, що перетинає безпосередню покрівлю між вивалом і вибоєм. Вона не мала ознак відносного зрушення порідних шарів і їх розпушування. Інакше вивал, мабуть, розповсюдився б до цієї тріщини. По наступній тріщині, що проходить над при вибійною частиною пласта, зсув порідних шарів вже відбувся. При подальшій виїмці вугілля в разі відсутності кріплення між цією тріщиною і вибоєм може відбутися клиновидне обвалення на велику висоту. Тоді може висипатися і порода, що знаходиться під східчастим зламом першого вивалу, тож вивал, що утворився, прийме трапецієвидну форму. Своєчасна локалізація невеликих вивалів може запобігти подальшому зрушення порід і перешкодити утворенню великих вивалів. Такий результат досягається при своєчасному підхопленні свіжо-оголеної покрівлі кріпленням.

## **1.2 Зміцнення порід в очисних забоях хімічними способами**

### **1.2.1 Характеристика та область застосування хімічних способів**

Ефективне використання механізованого кріплення та іншого високо продуктивного обладнання припускає високий рівень навантаження на очисний забій. Це може бути забезпечено тільки при умові достатньої стійкості порід покрівлі, тобто такий, при якій в результаті їх оголення, створюваного існуючими засобами виїмки вугілля та кріплення лави, зберігається необхідна рівновага без утворення вивалів.

Проблема запобігання вивалам порід з покрівлі стала особливо актуальною після переходу на вузько-захоплюючу технологію виїмки, при якій значно збільшується площа незакріпленого простору між вибоєм та першим рядом стійок кріплення. Крім того, у міру розширення останнім часом області застосування механізованих кріплень ця проблема стає ще гострішою.

На поведінку порід безпосередньої покрівлі, що характеризується її схильністю до руйнування та обвалення у при вибійний простір впливає широкий комплекс природничо-геологічних та технологічних факторів. Основними з них є: склад та механічна міцність порід, ступінь їх порушення шаруватістю та тріщинуватістю, площа та тривалість оголення покрівлі до встановлення кріплення.

Ступінь порушення покрівлі обумовлюється кількістю та потужністю складових її шарів, а також інтенсивністю її тріщинуватості.

Найбільше значення для оцінки стійкості безпосередньої покрівлі мають потужність і тріщину нижнього шару, з якого і починається обвалення порід у лаві. Ці дві характеристики прийняті як кількісні критерії для розробленої в Дон УДІ класифікації порід Донбасу за їх стійкістю.

Розподіл діючих очисних забоїв на шахтах Донбасу по категоріям стійкості наступні, %:  $B_1 - 2$ ;  $B_2 - 20$ ;  $B_3 - 25$ ;  $B_4 - 40$ ;  $B_5 - 13$ .

Підтримка порід категорій  $B_1$  та  $B_2$  можлива лише при здійсненні спеціальних заходів – залишення під покрівельної пачки вугілля чи штучного зміцнення. Породи категорії  $B_3$  стійкі лише за незначної площі оголення, тому



навіть за індивідуального кріплення у більшості забоїв потребують затяжки покрівлі. Порооди категорій Б<sub>4</sub> чи Б<sub>5</sub> є стійкими, проте приблизно в половині всіх очисних вибоїв, що діють, покрівлі яких віднесені до цих категорій, зустрічаються виходи менш стійких порід на окремих ділянках лави. Зі збільшенням глибини розробки частота появи зон зі слабкими тріщинуватими породами зростає.

У вітчизняній та зарубіжній практиці на шахтах знаходять все ширше застосування різні способи зміцнення породних масивів складами на полімерній основі. Найбільше застосування отримали випереджаюче хімічне армування і нагнітання матеріалу, що закріплює в породний масив під тиском. В окремих випадках застосовується комбінований спосіб, при якому породний масив зміцнюється шляхом нагнітання, а потім ще й армується анкерними стрижнями.

Відмінною особливістю цих способів є те, що полімерний матеріал як готовий продукт виходить з вихідних компонентів, що знаходяться до подачі їх в масив рідкому стані, безпосередньо на місці його подальшого використання. Відомі два способи подачі робочих рідин у шпур: у вигляді набоїв (ампул) або безпосередньо нагнітанням. При кожному з цих способів робочі рідини (смола та затверджувач) інтенсивно перемішуються, після чого суміш перетворюється на геле подібну масу, а потім – на тверду речовину. Час переходу суміші з одного стану в інший є однією з основних характеристик скріплювального складу та процесу зміцнення порід загалом.

Перемішування робочих рідин при патронному способі подачі здійснюється за допомогою стрижня (дерев'яного або металевого), який потім залишається у шпурі. Цим досягається збільшення обсягу матеріалу, що проникає в тріщини масиву, що зміцнюється. У процесі реакції (після перемішування) склад спінюється, внаслідок чого приходить само нагнітання його в тріщинуватий масив.

Оскільки обсяг введеного в масив скріплювального складу обмежений, природним є прагнення використовувати також і здатність, що несе, стрижня,

що залишається в шпурі. На цьому заснований спосіб випереджаючого армування, при якому анкерні стрижні встановлюються під певними кутами до напластування над ще не вийнятим повністю вугілля і закріплюються полімерним матеріалом, що спінюється, по всій своїй довжині в породному масиві. Ефект зміцнення порід хімічним армуванням досягається за рахунок підвищення стійкості самого утримуваного від обвалення масиву – внаслідок його армування. Цьому сприяють такі фактори: хороше зчеплення скріплювального складу з породами та поверхнею стрижня; проникнення складу з найбільш розвинених тріщин породного масиву; попереднє натяг стрижня та зтягування поверхні обвалення.

До зміцнення порід покрівлі в очисному вибої анкерами з хімічним закріпленням приступають зазвичай у місцях вивалу, що вже відбувся, коли чітко позначена зона нестійкої безпосередньої покрівлі. Умови виконання робіт із встановлення анкерного кріплення характеризуються стисненням простору, необхідністю, в більшості випадків, зупинки всіх робіт, наявністю вертикальної або похилої площини обвалення до початку робіт з армування, короткочасністю роботи анкерного кріплення – до моменту відходу зміцненої покрівлі за межі робочого простору лави.

Наявність в лаві порожнини вивалу призводить до подальшого розвитку деформацій порід, що раніше з'явилися, які розташовуються над ще не вийнятим масивом вугілля - попереду забою. Без застосування спеціальних заходів щодо зміцнення цих порід фрикційні зв'язки між існуючими в них блоками послаблюються, що зазвичай призводить до нових обрушень при виїмці чергової смуги вугілля. Тому завданням, що випереджає встановлення анкерного кріплення, є збереження існуючих зв'язків на контактах структурних елементів порід, а також створення нових зв'язків – між утримуваним від обвалення породним масивом і більш стійкими шарами покрівлі.

У порівнянні з хімічним армуванням спосіб подачі скріплювального складу під тиском забезпечує більш повне і рівномірне насичення масиву, що обробляється. Цей спосіб дозволяє ефективно зміцнювати породу, яка має

значну ступінь порушення – шаруватість та тріщинуватість – і тому є кардинальним заходом по запобіганню обвалення покрівлі в лаві.

### 1.2.2 Технології та засоби зміцнення хімічним способом армування

Установка анкерів проводиться наступним чином (рис. 1.2 а): в шпур, пробурений хрест площини обвалення порід, закладають потрібну кількість ампул 1, вставляють у вільну від них частину шпуру стрижень 2, з одягненим на нього перехідником 3, потім, обертаючи з допомогою ручного свердла 4, подають стрижень до вибою шпуру. При обертанні та поступальному русі стрижень руйнує ампули та перемішує їх вміст. Пінопласт, що виходить в результаті реакції, заповнює простір між стінками шпуру і поверхнею стрижня.

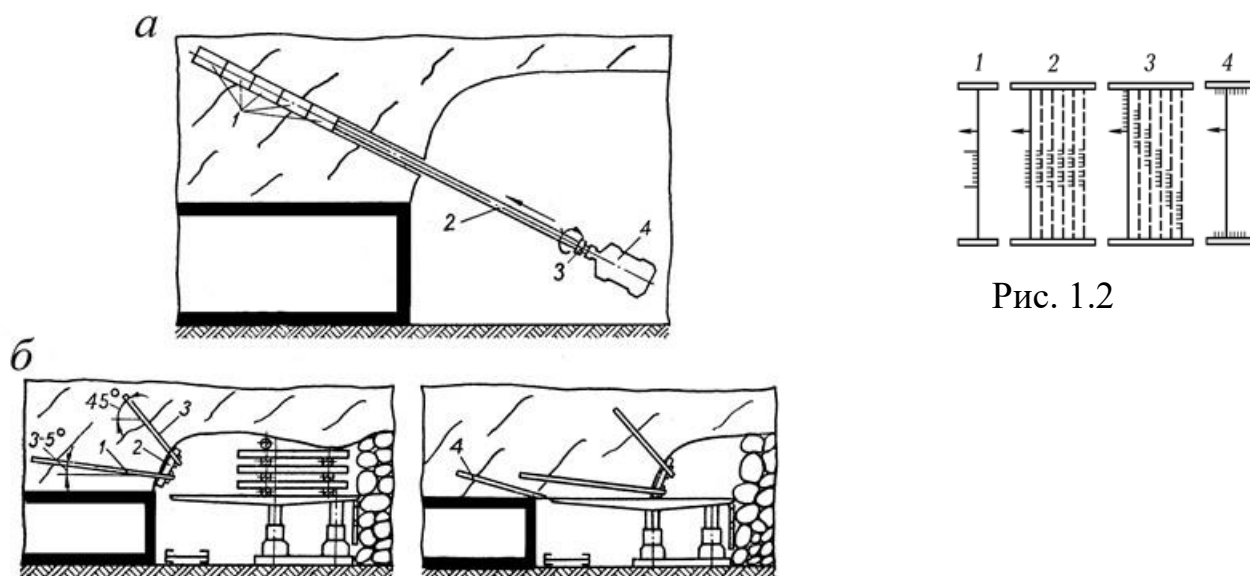


Рис. 1.2

Рисунок 1.1 Технологічна схема укріплення порід в очисних забоях анкерами з хімічним закріпленням

На рис. 1.1 б показано положення анкерів щодо зміцнювального масиву при початковому «підхоплюванні» покрівлі (ліворуч) і при подальшому зміцненні порід після просування забою на ширину 1,2 смуг вугілля (праворуч). Анкери нижнього 1 і верхнього 3 рядів, що встановлюються з боку вивалу, зв'язуються між собою прогонами 2, які навішуються на виступають з усть шпурів кінці стрижнів і потім притискаються до поверхні обвалення гайками. Анкери профілактичного ряду 4 встановлюються у тому випадку, коли необхідно зміцнювати породний масив на глибину, що перевищує максимально можливу довжину анкерів нижнього ряду.

Загальний порядок виконання робіт з хімічного армування на ділянці виїмки залежить від розмірів зони зміцнюваних порід і їх розташування в лаві. Можливі такі варіанти організації цих робіт (рис. 1.2): армування виконується як одноразовий захід одразу по всій довжині ділянки вивал утворення 1; те саме, але з наступною, у міру просування лави, установкою в межах раніше зміцненої ділянки профілактичних анкерів 2; поступове скорочення довжини ділянки вивал утворення 3; армування на сполученнях лави з підготовчими виробітками, що виконується регулярно з деяким випередженням лінії очисного вибою 4.

Зміцнення породного масиву здійснюється відповідно до однієї зі схем армування, що характеризуються кількістю рядів анкерів за висотою обвалення, наявністю механічних зв'язків між анкерами, а також попереднім натягом анкерів. У практиці підтримки нестійких порід покрівлі в лавах пологих пластів зазвичай застосовуються одно (рис. 1.3 а) або дворядні схеми армування (рис. 1.3 б і в). При цьому попереднє натяг створюється у всіх анкерах, за винятком тих, що застосовуються з метою профілактики. У дворядних схемах найближчі один до одного анкери верхнього та нижнього рядів обов'язково зв'язуються між собою прогонами; анкери верхнього ряду механічно не пов'язані.

На рис. 1.3 прийнято такі умовні позначення: схема позначається символом С з індексом двох цифр; перша цифра в індексі означає число одночасно встановлюваних рядів анкерів (1 або 2), друга – наявність (1) або відсутність (0) механічних зв'язків між анкерами нижнього ряду.

Схема С21 – дворядна з механічними зв'язками між анкерами нижнього ряду (рис. 1.3 б) – завдяки наявності прогонів, що встановлюються як по вертикалі, так і по горизонталі, є найбільш надійною.

Крім зв'язування анкерів між собою, прогони виконують також роль затягування поверхні обвалення. Якщо масив, що піддається зміцненню, сильно порушений і можливе його висипання, то під прогони укладається ще й затяжка. Схема С20, що має механічні зв'язки між анкерами тільки по вертикалі (рис. 1.3 в), застосовується при встановленні анкерів з боку підготовчого

виробітку, в проміжках рамного кріплення, з метою підтримки порід на кінцевих ділянках лави. Безпосередньо в лаві за цією схемою встановлюють анкери за нерівної поверхні обвалення. Схема С11 застосовується при порівняно невеликій потужності порід, що обрушуються, а С10 - при профілактичному армуванні, коли за допомогою інших схем вдалося «підхопити» слабку породу і потрібно не допустити її обвалення при виїмці наступних смуг вугілля.

Для хімічного армування використовуються стрижні з арматурної вуглецевої сталі діаметром 20; 22; 25; 28 або 32 мм довжиною, що дорівнює одному зі значень параметричного ряду: 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,5; 3,0; 3,5.

Всі породи, які доцільно зміцнювати анкерами з хімічним закріпленням, розбиті на 3 групи, для кожної з яких рекомендується своє раціональне значення кроку установки анкерів у ряду.

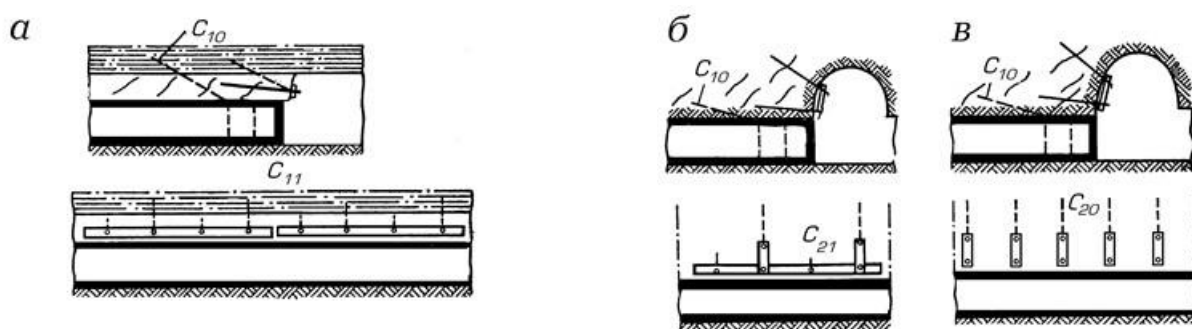


Рисунок 1.3 Технологічні схеми армування

### 1.2.3 Технологія та параметри зміцнення порід нагнітанням скріплювальних складів

Нагнітання скріплювального складу в породний масив здійснюється за допомогою обладнання для буріння шпурів, високо-напірних насосів з приводами (насосна станція), змішувачів (для перемішування робочих рідин), герметизаторів шпурів, всмоктувальних і високо-напірних рукавів, ємностей для компонентів скріплювального та для промивної рідини.

Спосіб розміщення цих засобів у лаві та на прилеглому до неї підготовчому виробленні, а також особливості підготовки та подачі скріплювального складу від ємностей до місця його ін'єкції в породний масив визначаються вибором тієї чи іншої технологічної схеми нагнітання (рис. 1.4).

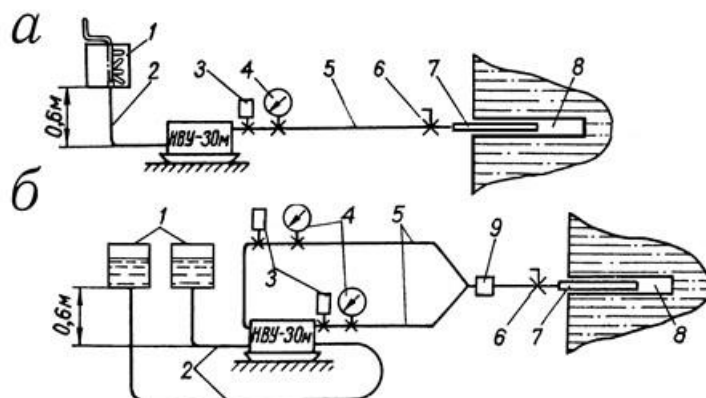


Рисунок 1.4 Однокомпонентна (а) та двохкомпонентна (б) технологічні схеми подачі скріплювального складу при укріпленні порід нагнітанням

При розміщенні насосної станції у підготовчому виробленні між інжектором та нагнітальною установкою передбачаються такі комунікації: шланги високого тиску для подачі скріплювального складу від установки до інжектора; автономний телефонний зв'язок (АПК) для координації роботи ланок у лаві та на насосній станції. При розташуванні насосної станції і ємностей з компонентами скріплювального складу в лаві необхідність у цих комунікаціях практично відпадає, проте можливості застосування цього варіанта обмежені.

За однокомпонентною схемою нагнітання скріплювального складу (рис. 1.4 а) суміш вихідних компонентів у потрібному співвідношенні готується поблизу нагнітальної установки, переміщується і потім по високо-напірній магістралі подається до інжектора. При такому способі подачі нові порції суміші необхідно готувати періодично, тому таку систему називають ще періодичною.

Перевагами цієї технологічної схеми є: можливість більш точного витримування заданого співвідношення компонентів у суміші та спрощена схема нагнітання. Її недолік - небезпека затвердіння складу в устаткуванні і

необхідність застосування матеріалів з відносно великим (2,5-3 год.) часом затвердіння.

За двокомпонентною схемою нагнітання (рис. 1.4 б) кожна з двох робочих рідин надходить по своїй магістралі до гирла шпуру, там потрапляє в спеціальний змішувач, після чого проводиться її ін'єкція в масив, що зміцнюється. Ця схема забезпечує безперервний процес нагнітання скріплювального складу необхідної рецептури. Деяка складність організації робіт і необхідність у додатковому устаткуванні (у тому числі засобів контролю за правильністю дозування, пристроїв для регулювання витрати матеріалів) компенсуються тим, що за такої схеми виключається можливість затвердіння скріплювального складу в устаткуванні. Остання обставина є суттєвою перевагою, оскільки дозволяє використовувати композиції з широким діапазоном часу затвердіння та знизити вимоги до кваліфікації робітників, зайнятих на нагнітанні.

При однокомпонентній схемі подачі для приготування та нагнітання розчину є один змішувальний бак і один насос. При двокомпонентній схемі використовуються дві ємності – для смоли та затверджувача. Для змішування цих рідин застосовуються без приводні змішувачі, що розміщуються безпосередньо перед герметизатором, біля гирла шпуру.

Основною вимогою при виборі насосів для нагнітання скріплювальних складів є рівномірність створюваного ними потоку рідини. Рівномірний (не пульсуючий) потік може бути забезпечений за допомогою поршневих (плунжерних) насосів, що мають достатню продуктивність і дозволяють регулювати подачу розчину та тиск нагнітання.

Зміцнення породного масиву шляхом нагнітання скріплювального складу через короткі шпури з лави складається з наступних етапів: підготовка скріплювального складу до нагнітання, у тому числі перевірка рецептури та уточнення співвідношення компонентів для конкретної партії смоли з урахуванням атмосферних умов середовища; доставка в лаву бурового інструменту; монтаж високо-напірної магістралі; монтаж лінії телефонного

зв'язку; буріння шпурів; нагнітання скріплювального складу; промивання обладнання для нагнітання; демонтаж високо-напірної магістралі та лінії телефонного зв'язку; доставка засобів буріння та зміцнення порідних масивів. Для виконання цих робіт на шахті доцільно створити спеціальну бригаду із 4-6 чол. з особою нагляду, що відповідає за планування, проведення та безпеку.

При плануванні робіт зі зміцнення слід враховувати ситуацію, що склалася, з вивал утворенням у лаві. Якщо ділянка порід, що обрушуються, має незначну довжину, то його можна обробити (піддати зміцненню) протягом тільки однієї ремонтної зміни. При великому обсязі робіт зміцненню насамперед підлягають ділянки з найбільшою висотою вивалів.

Для ін'єкції скріплювального складу в шпур, пробурений в по-рідному масиві, необхідно ввести герметизатор і нагнітати розрахункову кількість складу, потім витягнути герметизатор і закрити гирло шпуру пробкою. В окремих випадках проводиться так зване повторне нагнітання складу в той самий шпур. Необхідність у цьому з'являється при сильно розвиненій тріщинуватості масиву, що зміцнюється, коли до закінчення подачі в шпур розрахункового обсягу смоли вона починає виступати на поверхню породи або виливатися через сусідній шпур. У цьому випадку нагнітання в даний шпур припиняється і починається наступного або через один шпур. До повторного нагнітання приступають після затвердіння складу, що знаходиться в масиві, тобто приблизно через 30 хв. після першого нагнітання. Бригада з 4 осіб може виконати роботи зі зміцнення 30-35 м<sup>2</sup> безпосередньої покрівлі. Можливий обсяг робіт для бригади із 6 осіб становить 70-80 м<sup>2</sup>.

Для насичення 1 м<sup>3</sup> породи потрібно в середньому 20 л скріплювального складу. Оцінка якості робіт з нагнітання здійснюється за необхідності на основі візуальних спостережень: шляхом оцінки стану стінок контрольних шпурів за допомогою перископічних приладів типу РВП, фотокамер чи за станом кернів.



### 1.3 Обґрунтування технології зміцнення порід

Для підвищення стійкості масивів гірничих порід у вугільній промисловості за останні роки все більше поширення набуває анкерне кріплення. Воно може застосовуватися як самостійне, постійне або тимчасове кріплення в очисних або підготовчих виробках, а також використовуватися для допоміжних цілей: кріплення шахтного устаткування, трубопроводів, підвіски монорельсових доріг, підйомних пристроїв при монтажі комбайнів, комплексів і т.п. в низці випадків система армованого полімерного зміцнення порід здібна замінити важкі, великогабаритні кріплення з вивільненням лісу, сталевих прокатних профілів, бетону. При цьому знижуються витрати на кріплення гірничих виробок, збільшуються темпи їх проведення, спрощується механізація робіт по зведенню кріплення.

Обсяг кріплення гірничих виробок анкерним кріпленням на вугільних шахтах перевищив 700 км, а на копальнях чорної і кольорової металургії анкерне кріплення стало основним видом кріплення.

Ефективність анкерного кріплення особливо зростає, якщо стержні закріплюються по всій довжині швидко затверділими міцними хімічними складами. В цьому випадку стержень перетворюється на армовану породу або вугільний масив-елемент.

Переважно такий спосіб застосовується при кріпленні вироблень на металевих копальнях нашої країни, а також на шахтах Донбасу і Караганди. Істотно відстає розвиток цього способу закріплення армованих стержнів на шахтах Кузбасу, хоча загальний об'єм застосування анкерної кріпи для кріплення виробок тут досяг 300 км в рік.

Ефективність армування гірських вироблень можна проілюструвати спрощеною схемою, де показаний стан навколишніх порід без армування і при їх армуванні стержнями. З метою створіння жорсткішої системи армування порушеної тріщинами зони вироблення вихідні кінці стержнів іноді з'єднуються між собою «підхопленнями» - сталевими прогонами, розпилами і ін. - і затягуються гайками.

Вживання способу хімічного закріплення армованих стержнів є основою прогресивного технологічного напрямку кріплення капітальних, підготовчих і очисних виробок.

Основні технологічні схеми полімер армованого кріплення нестійких порід в очисних і підготовчих виробках шахт розроблені ІГД ім. А. А. Скочинського, Дон УГІ, КНІУІ, Куз НІУІ, Печор. НІ проектом і іншими організаціями, узагальнені у відповідному галузевому методичному керівництві і інших роботах.

Зміцнення слабких, порушених ділянок покрівлі армованими стержнями, що закладаються по всій довжині швидко затверділими хімічними композиціями, є одним з напрямів поліпшення використання лінії очисних вибоїв, розширення ефективності роботи вузькозахватної техніки і механізованих кріплень.

Випереджаюче армування порід покрівлі в лавах, що відпрацьовують тонкі пласти, здійснюється на ділянках, де в покрівлі вже є порожнини від обвалення порід. В таких місцях породи безпосередньої покрівлі, лежачі над пластом, мають нагоду рухатися убік виробленого простору, що приводить до розкриття наявних тріщин і різкого ослаблення несучої здатності покрівлі. Тому основною метою армування в цьому випадку є підтримка фрикційних зв'язків між тими, що утворилися, з метою збереження несучої здатності покрівлі.

Нижні шари порід покрівлі, що знаходяться під пластом в безпосередній близькості до вугільного забою, армуються анкерними стержнями, закріплюваними в масиві по всій довжині вспінювальним поліуретаном. Виходячи з цілей випереджаючого, в часі і по посуванню лави, зміцнення покрівлі, що армують стрижні встановлюються до нашарування порід не вертикально, як завжди, а під невеликими кутами.

Обмежені розміри робочого простору діючого очисного забою допускають вживання сталевих армованих стержнів завдовжки не більше 3,0—3,2 м. При необхідності подальшого зміцнення порід у напрямі посування лави

армовані стрижні встановлюють в шпури, пробурені з-під утриманої від обвалення покрівлі. Така необхідність виникає, наприклад, при порушенні порід, куськоватість яких при обваленнях знаходиться в межах 0,1-0,5 м.

Призначення однієї з схем армування залежить від потужності і протяжності зони обвалення покрівлі.

Для зменшення руху порід покрівлі убік виробленого простору площина обвалення закріплюється прогонами (дерев'яними шпалами, брусами, розпилами, стійками, сталевими швелерами і т. д.). Прогони надягають на кінці анкерних стержнів, виступаючі з порідного масиву і притискаються до порідної стінки гайками, які нагвинчують на стрижень. Площина обвалення порід, схильних до обвалення, окремо затягується розпилами, які укладаються під прогони.

Скріплення окремих анкерів за допомогою прогонів (в деяких випадках і за допомогою ланцюга) в анкерну систему значно підвищує зміцнювальну здатність хімічного армування.

У тому випадку, коли у напрямі посування лави необхідно зміцнити породи покрівлі на глибину, що перевищує довжину анкерних стрижнів, проводиться повторне «профілактичне» армування з-під утриманої від обвалення покрівлі.

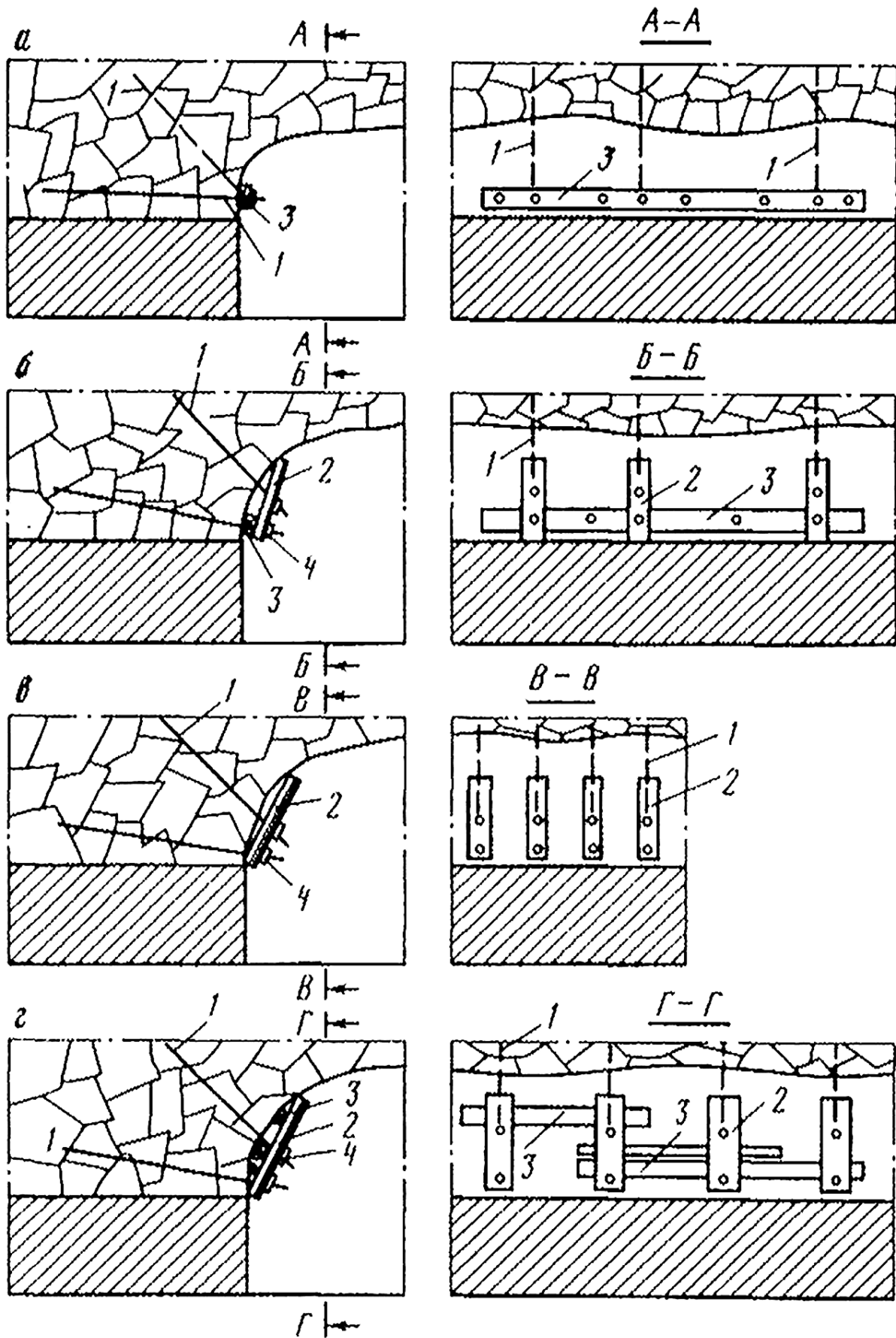


Рисунок 1.5 Схеми установки армованих стержнів для підвищення стійкості покрівлі: 1 – анкер; 2 – прогін; 3 – розпил; 4 – гайка

## 1.4 Патентний огляд

### Спосіб підтримки покрівлі

Патент УСССР SU1754900A1 – 1992, Клішин Н.К.

Винахід відноситься до гірської промисловості і може бути використане при розробці пластів корисних копалин, переважно пластів вугілля, з покрівлями, що легко обрушуються, при виїмці корисних копалин комбайнами в довгих очисних вибоях.

При виїмці вугілля комбайном вимірюють інтенсивність сейсмоакустичних хвиль, що проходить від працюючого шнека комбайна, що руйнує вугілля, через породи покрівлі приймачем, щільно притиснутим до покрівлі, що оголюється при виїмці вугілля. При рівні інтенсивності, що дорівнює або нижче рівня інтенсивності, при якому можливе обвалення покрівлі, на ділянку покрівлі між шнеком і приймачем наносять синтетичний клей, який затверджується, створюючи міцний шар, що скріплює, що перешкоджає обвалу покрівлі в при виїмному просторі. У міру переміщення комбайна інтенсивність проходження хвиль продовжують вимірювати. При рівні інтенсивності хвиль нижче встановленого на новій ділянці покрівлі довжиною 2-4 м (база установки приймача від шнека) на ділянку покрівлі наносять синтетичний клей. У тому випадку, коли рівень інтенсивності хвиль вище за встановлений, синтетичний клей на цю ділянку не наносять. Інтенсивність сейсмоакустичних хвиль вимірюють при виїмці наступної смуги вугілля, і клей наносять тільки на ділянки нестійкої покрівлі.

Спосіб підтримки покрівлі, що включає нанесення на поверхню порід синтетичного клею, що легко обрушуються, відрізняється тим, що, з метою зменшення витрати клею і підвищення надійності здійснення способу при комбайновій виїмці, фіксують час і місце настання втрати стійкості покрівлі, а нанесення клею виробляють в місці вивалу порід на похилу поверхню, при цьому ступінь стійкості покрівлі визначають за інтенсивністю сейсмоакустичних хвиль від працюючого шнека комбайна.

## Спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі від обвалювання

Номер патенту: 22615 – 2007, Клішин М.К., Кізіяров О.Л., та інші.

1. Спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі від обвалювання, що включає буріння шпурів в напрямі посування вибою і вставляння в них штанг, який відрізняється тим, що штанги закріплюють по всій довжині шпурів (анкери) скріплювальним складом, виступаючі кінці яких з'єднують стяжками з металевими плитами, які приклеюють до покрівлі за допомогою швидко тверднучого синтетичного клею.

2. Спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі від обвалювання за п. 1, який відрізняється тим, що у центрі металевої плити може бути виступ, який щільно входить в шпур в покрівлі, утримуючи металеву плиту до закінчення твердіння синтетичного клею.

3. Спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі від обвалювання за п. 1, який відрізняється тим, що на поверхні відвалу під вугільним вибоєм додатково набризкуванням наноситься швидко затверділий скріплювальний склад.

Корисна модель відноситься до гірничої справи, зокрема до способів зміцнення безпосередньої покрівлі. Відомий спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі, що полягає у бурінні двох або трьох рядів шпурів в до площини напластування порід, у які доставляються забійником ампули з поліуретановим складом, руйнуються анкером і через 1-3 хвилини перемішаний склад твердіє, міцно скріплюючи анкер з масивом порід . Ця технологія застосовується при ви валах від 0,6 до 2 м, при рівній поверхні міцної покрівлі. Недоліки способу полягають у тому, що верхній анкер працює на вигин, що може привести до значних осідань підтримуючого шару порід, втрати стійкості; необхідні значні зусилля при бурінні шпурів в міцному не обваленому шарі порід ручними свердлами, які застосовуються у лавах. Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб захисту безпосередньої покрівлі від обвалювання, який полягає в бурінні шпурів у напрямі посування.

## Спосіб зміцнення нестійкої покрівлі в очисному вибою

Номер патенту: 62738 – 2011, Кізіяров О.Л., Касьян С.І.

Спосіб зміцнення нестійкої покрівлі від обвалювання, що містить у собі буріння шпурів в напрямі посування вибою і вставляння в них штанг з подальшим нанесенням синтетичного клею на поверхню вивалу, який відрізняється тим, що шпури бурять під кутом 5-10° до напластування у нижній частині покрівлі, встановлюють анкер, наносять клей вертикальними смугами, на кінець анкеру одягають шайбу, яку притискають до анкеру за допомогою гайки до ствердження синтетичного клею, нанесеного на поверхню вивалу.

Спосіб зміцнення нестійкої покрівлі від обвалювання, що містить у собі буріння шпурів, встановлюють та закріплюють в них анкер, після чого синтетичний клей наносять на похилу поверхню вивалу вертикальними смугами, що запобігає руйнування поверхні вивалу після виїмки вугілля. До затвердіння клею на штангу одягають шайбу та притягують гайкою. Затверділий клей та анкер запобігають вивалу нестійкої покрівлі у очисний вибій. Комп'ютерна верстка І. Скворцова 62738 4 Використання пропонованого способу зміцнення нестійкої покрівлі від обвалювання, у порівнянні з існуючими способами дозволяє: зменшити витрати синтетичного клею за рахунок нанесення його на поверхню вивалу вертикальними смугами; зменшити трудомісткість завдяки бурінню шпурів у порушених породах. Підписне Тираж 23 прим. Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна ДП “Український інститут промислової власності”, вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601.

## Способ предварительного укрепления пород кровли очистных выработок

Патент на изобретение RU1803573A1 – 1993, Шамансуров А.И.

Изобретение относится к горному делу, в частности к способам предварительного укрепления кровли очистных выработок, и может быть использовано при отработке месторождений системами разработки с естественной и искусственной поддержкой очистного пространства, а также при проведении параллельных горных выработок.

Цель изобретения - обеспечение укрепления пород кровли одновременно нескольких параллельных выработок, производимых на одном уровне и повышение технико-экономических показателей процесса крепления.

Указанная цель достигается тем, что предварительно сбоку от параллельных будущих выработок проходит выработка, в которой на определенном расстоянии друг от друга формируются буровые камеры с подработкой кровли на глубину 1,0-1,5 м, из которых бурятся навстречу друг другу веера горизонтальных скважин в кровлю будущих параллельных выработок, при этом скважины, пробуренные из одной камеры, имеют выше скважин пробуренных из другой камеры. Затем скважины армируют трос-инъекционными со штангами и нагнетают в массив твердеющий состав. Тем самым создается искусственная кровля из комбинации смоло-породного массива и сетки тросовых штанг над будущими выработками.

Отличительным признаком предлагаемого способа от известного является то, что кровля укрепляется сразу нескольких параллельных выработок, проводимых на одном уровне. Очистные работы в будущих выработках ведутся под упрочненной кровлей за исключением процесса крепления.

Способ может применяться при камерно-столбовой, камерной, сплошной и других системах разработки.

[мовою оригіналу]



## Process for strengthening and sealing geological formations

European patent 0 248 457 A1

This invention relates to a new process for strengthening and sealing geological formations which are moist or contain water by the injection of a mixture which reacts to form a poly-urethane, characterized in that a poly-isocyanate optionally containing auxiliary agents and additives is injected before injection of the mixture.

Both the strengthening and sealing of loose stone with organic resins such as one-component polyurethane systems and the strengthening and sealing of friable solid rock and coal by means of two-component polyurethane systems are known.

The injection of liquid synthetic materials capable of foaming, in particular two-component polyurethane systems, has for many years been used on a large scale in coal mining (DE-PS 1,758,185 F. Meyer, *Reaktive Kunstharze in Bergbau, Gltickauf* 117 (1981) p. 831 et seq.).

In a typical process of this kind the two polyurethane components, i.e., the polyols and poly-isocyanate, are, delivered separately in the required proportions, brought together in front of a bore hole and continuously mixed. The mixture is then forced into the bore hole through a packer and transferred under pressure into the accessible cracks and gaps in which the resin subsequently hardens and elastically bonds the broken layers of rock and coal together.

Silicate pressings have been known in the art for fifty years, while the injection of organic materials such as aery lamide gels and condensations resins, including the so called one-component polyurethane systems, have been introduced in recent times.

In the process employing these systems, a polyurethane prepolymer containing solvent is mixed with the quantity of catalyst required for the purpose and then injected as a single component. The isocyanate groups of the polyurethane prepolymer react with the water in the substratum. This reaction is accompanied by vigorous foaming and a polyurethane-polyurea resin is formed.

[МОВОЮ ОРИГІНАЛУ]

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ**

Пропонується склад для набризгу на поверхні покрівлі та для нагнітання через шпури в масив, який економічно вигідніший, ніж поліуретановий.

Пропонується обґрунтувати параметри розташування шпурів при зміцненні порід нагнітанням складів на ділянках лави, при яких зменшуються витрати на буріння шпурів та витрата складу.

Запропоновано комбінований спосіб зміцнення покрівлі на визначених ділянках лави та обґрунтовано його параметри. Сутність способу полягає в комбінації нагнітання складу в шпури та одночасному армуванні. Затверділий склад запобігає вивалам породи.

Запропоновані методи: визначення проникності порушених порід за інтенсивністю сейсмоакустичних хвиль від різця, що руйнує породу при бурінні шпуру; встановлення меж ділянок нестійкої покрівлі у лаві за інтенсивністю сейсмоакустичних хвиль від працюючого виконавчого органу комбайна.

Пропонується нагнітальна установка та інжектор для роздільного нагнітання складів через шпури в масив.

Проаналізовано аналітичний метод розрахунку граничного стійкого прольоту зміцнюваної комбінованим способом ділянки нестійкої покрівлі в лаві.

## **3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

### **3.1 Способи зміцнення нестійких порід покрівлі**

Обвалення порушених тріщинами порід безпосередньо у вибій, що відбуваються при веденні гірничих робіт, призводить до необхідності тимчасового припинення основного виробничого процесу з метою закладення лісоматеріалами пустот, що утворилися. Це призводить до вимушених простоїв високопродуктивного прохідницького або очисного устаткування, втрат видобутку і зниження продуктивності праці, збільшення зольності вугілля завдяки засміченню породою, що обрушилася, небезпеки травматизму гірників, транспортних і матеріальних витрат.

Вживані для запобігання обваленням в очисних вибоях технічні заходи – зведення випереджаючого кріплення, армування, затягування покрівлі сіткою або деревом, як і технологічні – зменшення ширини захвата комбайна, залишення вугільної пачки, зміна напрямку відробляння стовпа, присікання ґрунту, управління початковим розпором – недостатньо ефективні або неекономічні, вимагають додаткових трудовитрат і часу. Крім того, традиційні методи боротьби з обваленнями, як правило, пов'язані із збільшенням травматизму гірників.

Вітчизняний і зарубіжний досвід, проведені дослідження, показали, що надійні засоби попереджувального зміцнення слабких порід в зонах тріщиноутворення ґрунтуються на технології фізико-хімічного зміцнення.

Під фізико-хімічним зміцненням порушених тріщинами порід розуміють способи підвищення їх стійкості шляхом дії рідких в початковому стані хімічних складів («скріплювальними»), що дозволяють завдяки примусовій, фізичній дії на тріщинуваті породи і відносно швидкому затвердінню в холодному стані при необхідній умові – достатньої адгезії до поверхонь субстрату (породи, вугілля) – забезпечувати підвищення взаємного фрикційного стану окремих блоків гірського масиву або з'єднання («склеювання») їх в стан, близький до монолітного. Зв'язаний скріплювальними складами масив стає стійким до обвалень, забезпечує надійну

роботу шахтних кріплень і підвищує безпеку і продуктивність праці гірників.

Дія скріплювальних складів на масив може здійснюватися декількома способами: примусовою подачею в тріщини за допомогою високо-напірних нагнітальних установок; набризгом або «напиленням» складу, що забезпечує покриття поверхні гірничої виробки, що оголюється; армуванням нестійкої ділянки виробки стержнями (анкерами) за допомогою скріплювальних складів, що доставляються в шпури в ампулах, або шляхом уприскування. Часто застосовують комбіновані способи зміцнення масиву – поєднанням способів: нагнітання і армування; нанесення покриттів і армування; нагнітання і нанесення покриттів.

Вибір скріплювального матеріалу і способу його вживання для зміцнення порід в гірничих виробках шахт залежить від інтенсивності тріщинуватості, розкриття і просторового розташування тріщин, міцності порід, виду і призначення виробки, морфології поверхні, стану, деформаційних і хімічних властивостей масиву.

Скріплювальний склад, що нагнітається в масив, розповсюджується по всіх тріщинах навколо шпуру і об'єм, утворений в результаті його проникнення в масив зміцненої зони, залежить від напрямку і величини переважаючих тріщин, в'язкості складу, напірної фільтрації оброблюваного тріщинуватого масиву. Відомо, що породи безпосередньої покрівлі мають переважно шаровий характер складання, і їх руйнування у міру впливу максимального опорного тиску відбувається шляхом розшарування, хоча це не виключає появи тріщин й іншого походження.

З урахуванням особливостей тріщинуватого масиву як фільтруючого середовища поширення скріплювальних складів в ньому представляється таким чином. По більших тріщинах склад рухається від шпуру з відносно великою швидкістю, і, заповнюючи ці тріщини, більш повільно проникає в дрібні. Радіус поширення складу в дрібні тріщини і пори визначається його тиском в крупних тріщинах, в'язкістю і часом взаємодії з масивом. В найдрібніших тріщинах (розкриття 50-200 мкм) проникнення складу в масив відбувається завдяки дії

капілярних сил. Враховуючи, що максимальний тиск складу і час його взаємодії з масивом мають місце поблизу шпуру, ступінь насичення складом тріщин тут буде найбільшим, зменшуючись у міру віддалення від шпуру.

Значні перспективи і переваги перед технологією зміцнення порід нагнітанням хімічних скріплювальних складів мають способи, засновані на напилені (забризкуванні) спінювальних полімерних композицій, з високою адгезією до гірничих порід і властивістю швидкого затвердіння.

Принцип підвищення стійкості порушених тріщинами порід полімер-забризкуванням заснований на ідеї скріплення (поверхневого «заклеювання») оголеної поверхні масиву шляхом напилювання на неї одного або декількох шарів скріплювального складу, аналогічного, а по деяких характеристиках – відмінного від вживаного для зміцнення порід нагнітанням.

Спосіб полімер-забризкування, очевидно, не такий ефективний, як технологія нагнітання складів всередину тріщинуватого масиву, однак для запобігання можливих обвалень порід з покрівлі, їх сповзань з бортів виробок, обсипань гірничої маси у відвалах при відкритій розробці родовищ і інших порушеннях вертикальних або похилих поверхонь гірничих масивів доцільний і ефективний.

Армування порід здійснюється високоміцними стальними або склопластиковими стержнями, у той час як для попередження відтиску й обвалення покрівлі на потужних пластах частіше використовують дерев'яні стержні, що дозволяють проводити подальші виїмкові роботи без ушкодження ріжучих органів комбайнів.

Система стержнів, що закріплені по всій довжині в порушеному тріщинами масиві, виконують роль арматури, підвищуючи жорсткість і несучу здатність масиву гірських порід і знижуючи їх деформації.

Хімічні композиції, що тверднуть, для закріплення стержнів в породах подаються в шпури частіше за все в попередньо виготовлених патронах (ампулах). В останній час в КНІУІ, ІГД ім. А. А. Скочинського, ВНІ гідровугілля, Куз НІУІ, ІГТМ АН України та деяких інших організаціях проведені

роботи по «без ампульній» технології закріплення анкерів, тобто дозований подачі хімічних композицій в шпур нагнітанням, без патронів.

В нашій країні технологія хімічного армування розроблена Дон УГІ. Вона полягає в такому: в місці вивалу породи з покрівлі над вугільним вибоєм бурять два ряди шпурів: нижні під кутом  $10^\circ$ , верхні під кутом  $45-60^\circ$  до площини напластування порід. В шпур доставляють забійником ампули з поліуретановим составом і потім руйнують їх анкером, який обертаючи подають в шпур. Через 30-40 с перемішаний склад спінюється, збільшується в об'ємі в 3-4 рази і через 1-3 хвилини твердне, міцно поєднуючи анкер з масивом порід. На кінці анкерів (верхнього та нижнього) надівають дерев'яні або металеві прогони, прокладки й нагвинчують гайки.

Після виїмки вугілля покрівля підтримується від обвалення анкерами, а для профілактики від можливих обвалень покрівлі встановлюють один ряд анкерів після зняття двох смуг вугілля. Параметри технології армування:

- довжина анкерів – 1,8..2,5 м;
- відстань між анкерами поздовж лави – 0,8..1 м;
- відстань між анкерами по висоті – 0,3..0,6 м;
- кількість ампул на 1 м довжини шпуру, 2..3 шт.;
- діаметр металевого анкера – 20..38 мм.

Поліетиленові ампули містять поліефір і пробку з кодацином, що є затверджувачем. Для обертання анкера свердлом застосовують спеціальні перехідники (хвостовик штанги з привареною гайкою на іншому кінці). Цей спосіб рекомендують, якщо кількість тріщин на 1 м довжини менше 3..4 і при довжині ділянки порушених порід поздовж лави до 30 м.

Окрім згаданих способів фізико-хімічної дії на гірський масив з метою підвищення його стійкості за останні роки розроблено і апробовано в шахтних умовах декілька способів, заснованих на принципово нових технічних рішеннях.

**Реактивний або вибухово-ін'єкційний спосіб** зміцнення сильно порушених руд і порід заснований на застосуванні енергії і температури вибуху

для глибокого проникнення скріплювального складу. При цьому способі в ін'єкційні шпури або свердловини поміщаються ампули із скріплювальним складом і камуфлюючі заряди вибухової речовини, між якими вставляються демпферні пробки із глини або іншої негорючої речовини. При вибуху пробка виконує одночасно три функції: роль поршня для уприскування складу в тріщини масиву, роль ізолятора складу від вигорання при високих температурах згорання ВВ і роль демпфера, що запобігає гідравлічному удару.

**Струменевий спосіб** зміцнення порід полягає в нагнітанні в порушений тріщинами і заповнений глинистими відкладеннями масив високошвидкісного струменя води і скріплювального складу. Нагнітання здійснюється під тиском до 70 МПа через штангу, що вводиться в шпур. Струмені води руйнують і виносять із шпуру глинисті й дрібні зруйновані часточки порід, внаслідок чого масив набуває структуру, що легко взаємодіє із скріплювальною композицією.

**Струменево аерозольний спосіб** ґрунтується на попередній обробці масиву тонко дисперсним аерозолем із високою проникаючою здатністю в тріщини порід із подальшим нагнітанням складу в описаному вище струменевому режимі. Основними умовами утворення аерозолів є забезпечення високої швидкості повітряного потоку (понад 140 м/с) і заданого відношення об'ємних швидкостей повітря і рідини, що дорівнює 5000.

**Електрохімічний спосіб** зміцнення порід заснований на електролітичному принципі дії на слабо-обводнений тріщинуватий масив. В шпури, що пробурюють в зміцнюваній зоні гірничої виробки в певному порядку, завантажуються трубчасті металеві електроди, в які вводять розчини електролітів і пропускають постійний електричний струм. Вода, що виділяється із катодів, віддаляється електро осмотично. В якості електролітів застосовуються розчини мінеральних солей або мономери синтетичних смол. Виходячи із зміцнюваних об'ємів гірських порід, вибраної схеми розміщення електродів і потужності перетворювача струму, встановлюються параметри електричного струму.

**Комбіновані способи** дії на масив. За гірничо-геологічних або експлуатаційних умов, вживаним схемам розробки родовищ, матеріально-технічним або іншим ознакам в деяких випадках доцільне поєднання двох або навіть трьох способів дії на масив гірських порід. Практика показала, наприклад, що часто ефект досягається наступними комбінованими способами дії на гірський масив: полімерне армування сумісне із поверхневим забризкуванням; нагнітання скріплювальних складів із місцевим армуванням; тампонаж гірських порід із подальшим нагнітанням скріплювальних складів; тампонаж в поєднанні із полімерним армуванням порід; тампонаж із подальшим полімер набризгом; поєднання армування або іншого фізико-хімічного способу із електрохімічним.

З 1978 року у Великобританії ФРН, Франції, США, Україні розробляються способи і пристрій для зведення стрічки, сітки, матів між покрівлю і кріпленням в лавах спочатку як протипиловий захід, а потім як затягування з метою запобігання вивалам породи з покрівлі в при вибійний простір лави. Ці додаткові елементи механічно укладаються вздовж лави, з'єднуються, приклеюються до покрівлі, автоматично затягуються для утримання блоків породи, що відділилися; вони запобігають розсипу зруйнованих порід і, таким чином, пилоутворенню, і протидіють руйнуванню порід, але не утворенню вивалів, оскільки не мають зміцнювального ефекту, не перешкоджають розвитку вивалу породи, що розпочався.

Гірничо-металургійним інститутом запропонований без шпуровий спосіб зміцнення покрівлі в лаві, сутність якого полягає в наступному: при відроблянні вугільного пласта після виїмки вугілля в лаві відбувається обвалення покрівлі вугільного забою. На розлом цих порід суцільно наноситься синтетичний клей, який після отвердіння утворює скріплювальний шар; потім наноситься на поверхню покрівлі, що оголяється при виїмці вугілля, для створення захисного шару. Скріплювальний і захисний шари запобігають вивалам породи в при вибійний простір лави.



Перша публікація Хермана Х. і ін. про вживання без шпурового способу зміцнення покрівлі в лаві 136 пласта Хрімхильт на шахті «Проспер Ханіель» з'явилися в 1983 році на сторінках журналу «Глюкауф». Лава завдовжки 220 м обладнана двох стійковими секціями щитового кріплення фірми «Вестфалія Люнен» і струговою установкою. В безпосередній покрівлі, представлений аргілітом і алевролітом потужністю 1,2 м, через численні площини окремоті і ковзання спостерігалися вивали заввишки 0,3..1,2 м і більше.

Для набризгу використовувались будівельні матеріали СМ45 і хеколіт І при оптимальному співвідношенні вода : тверде відповідно 0,14 і 0,25. Час схоплювання матеріалу 40..180 с, міцність матеріалу через 15 хвилини 9,8 і 9,3 МПа.

На шахті «Хаус Аден» будівельні матеріали використовувалися для зміцнення обрушеної гірської маси і вугільного забою зупиненої лави при демонтажі комплексу устаткування. Стінка завтовшки 0,5 м створювалася для запобігання віджиманню вугілля, а скріплювальний шар завтовшки 30..80 мм з метою збереження форми укусу обрушеної гірської породи із сторони виробленого простору після витягання кріплення.

Досвід зміцнення покрівлі в лавах набризг бетоном протягом 18 місяців узагальнений Клєром А. Будівничі суміші з матеріалу поліфлекс і рідкого скла мали міцність на стискування 14 МПа через 3 години після змішування з водою. Технологічна схема включала набризг машину фірми «Хебенунд Фішбах», сопло фірми «Фрюбер» діаметром 32 мм, трубопровід завдовжки 270 м і діаметром 50 мм.

На шахті «Президент» зміцнювали покрівлю в місцях великих вивалів під час переходу через скид з амплітудою 1,2 м.

Співробітники лабораторії копальневого кріплення і механіки гірських порід інституту «Бергбауфоршунг» Геце В. і ін. розробили вимоги до беручких матеріалів для зміцнення порід: швидке наростання опору затверділого матеріалу до 10 МПа за 5 годин; не менше 30 МПа кінцева міцність; використання для подачі матеріалу пневматичної техніки з відкритим

випуском. Розробка терпких матеріалів такого класу, випробування їх в підготовчих і в очисних виробленнях переконали в реальності переваг методу, який автори роботи назвали поверхневим методом зміцнення порід.

При переході лавами великих вивалів як перший захід запропоновано зміцнювати поверхню вивалу шаром швидко затверділого набризг бетону з рідким склом як прискорювач схоплювання, яке забезпечує безпечне ведіння робіт при бурінні шпурів, заповненні порожнини вивалу в покрівлі.

Скріплювальний шар на стінці або покрівлі виробки, на поверхні вивалу попереджує тріщину утворення і розшарування, зберігає несучу здатність при контурного порідного масиву.

На думку І.Ю. Заславського механізм зміцнювального ефекту набризг бетону обумовлюється заповненням тріщин в прилеглому до виробки масиві і поновленням породи до монолітного стану, залученням в систему сил, протидіючих зміцненням. В лабораторних умовах А.І. Ланда встановив, що глибина проникнення набризг бетону в тріщини залежить від їх ширини, досягаючи 200 мм при ширині тріщин до 20 мм.

Загальна схема буріння шпурів для зміцнення тріщинуватих порід покрівлі комплексно-механізованих очисних вибоїв показана на рис. 3.1. Роботи по зміцненню порід звичайно проводяться в ремонтну зміну, а при вимушених простоях (обвалення порід, що відбулося, з крупним вивал утворенням) — в основну. Одночасно з розстановкою устаткування і прокладкою напірної магістралі від нагнітальної установки до зони зміцнення здійснюється буріння двох-трьох перших з передбачених технологічною схемою шпурів.

Для зміцнення покрівлі після обвалень в лаві нагнітальні шпури розташовують так, щоб вся покрівля, захоплена обваленнями, була пробурена. Серією шпурів можна зміцнити шар покрівлі потужністю 1-1,5 м. При необхідності зміцнення великих зон обвалення шпури бурять різної довжини, із зсувами по висоті, так, щоб верхній ряд довших шпурів (4-5 м) досягав шарів, що не обрушилися.

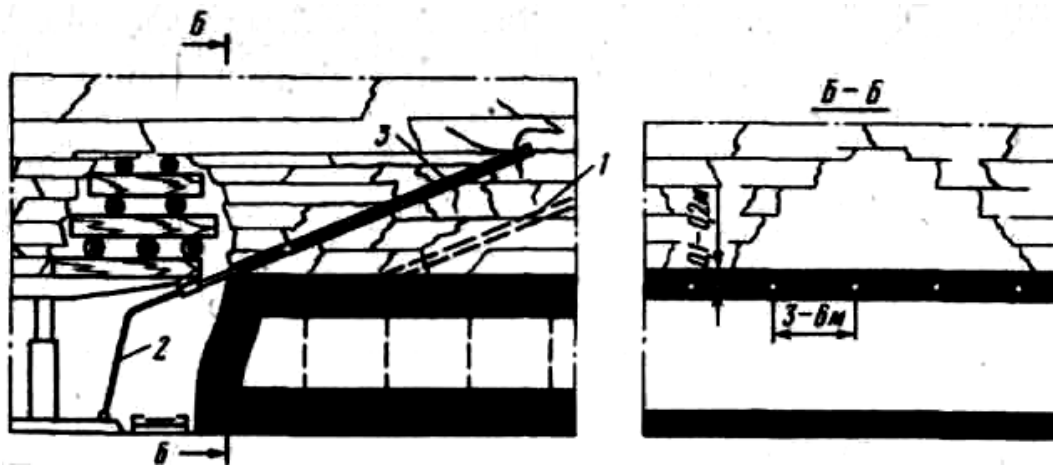


Рисунок 3.1 Технологічна схема зміцнення порід покрівлі очисних вибоїв нагнітанням скріплювальних складів:

1 – шпури; 2 – напірна магістраль; 3 – завантажувальна система

У розташовані таким чином шпури склад необхідно нагнітати спочатку у верхні свердловини, щоб перш за все зміцнити верхні зруйновані або розпушені шари покрівлі і закріпити їх і міцні шари, що знаходяться над обваленням. Потім зміцнюються і склеюються також породи нижчих шарів.

Відстань між шпурами звичайно призначається в межах 3-6 м, що обґрунтовується радіусом розповсюдження складу і необхідністю зміцнення масиву порід, просторово розташованого паралельно поверхні очисного забою, по якому скріплювальний склад здатний виходити через тріщини на поверхню пласта на значній відстані від шпуру, що нагнітається. В кожному випадку відстань між шпурами уточнюється в процесі нагнітання скріплювального складу.

Кут нахилу шпурів до нашарування а, виходячи з досвіду роботи, призначається в межах 10-15°, рідше 20°.

Нагнітальна магістраль для подачі в шпури скріплювальних складів прокладається від місця розташування нагнітальної установки (штреку) до зони буріння шпурів. Мірні відрізки (по 10-20 м) високо напірних рукавів для подачі компонентів скріплювальних склад до зони зміцнення з'єднуються між собою за допомогою трійникових муфт, а приєднання рукавів до вхідного в шпур змішувач-завантажувального комплексу здійснюється за допомогою відповідних

шлангів і кульового крана. Кінцеві виходи високо напірних рукавів перекриваються заглушками.

Встановлюваний в шпурі комплект змішувач замкової арматури складається з вхідної (завантажувальної) і вихідної (подовжувальної) трубки внутрішнього діаметру 16-20 мм, що сполучаються між собою одним з видів герметизатора.

Після збірки комплекту технологічного устаткування проводиться його пробний пуск в роботу, спочатку в режимі рециркуляції. З цією метою до напірного патрубку нагнітального циліндра підключається не магістральний рукав, а відвідний, дозвільний подати склад знову в ємність, з якої він забирається. В подальшому установка включається в пробний режим нагнітання, при якому вихідні крани на кінці магістралі залишаються відкритими до досягнення рівномірного перебігу кожного з компонентів. Потім установка включається в режим нагнітання складів в шпури.

По показаній технологічній схемі і вказаним параметрам проведені і проводяться роботи по зміцненню покрівлі очисних забоїв на шахтах Донбасу, Кузбасу, Караганди, Печорського вугільного басейну.

Наприклад, на шахті «Октябрьский рудник» об'єднання «Донецьквугілля» зміцнення здійснювалося по пласту  $m_3$  в 2-й західній лаві західного бремсберга, обладнаній комплексом КМ-87, комбайном 1К-101. Потужність пласта-1,1 м, кут нахилу -  $9^\circ$ . В нижній частині лави на ділянці 70 м безпосередня покрівля складена дуже нестійкими аргілітами, що обвалюються вслід за виїмкою вугілля куполами до 2-8 м.

Для зміцнення порід застосовувався поліуретановий склад.

У процесі нагнітання було пробурено близько 300 шпурів і витрачено 50 т складу, що дозволило зміцнити понад 3300 м<sup>2</sup> покрівлі.

Відробляння пласта під зміцненою покрівлею здійснювалося без валових утворень, що дозволило збільшити середньодобовий видобуток на 105 т і понизити зольність вугілля на 3%.

### 3.2 Параметри технологічної схеми зміцнення порід

Зміцнювальна здатність анкерної системи більшою мірою визначає густина установки анкерів, яка характеризується числом подовжніх рядів їх по площині обвалення і кроком установки в ряд. На практиці більше двох рядів анкерів не встановлюють навіть при значній (до 7—10 м) висоті обвалення.

У зміцнювальній анкерній системі анкери встановлюються під різними кутами до нашарування порід покрівлі. Один з них армує нижні шари порід і перешкоджає їх руху в горизонтальному напрямі, а за допомогою інших здійснюється пришиття зміцнюваного породного масиву до стійкішого вище розміщеного, тобто зменшується вертикальне розшарування порід. Роль останніх анкерів виконують спеціальні анкери при однорядній і анкери верхнього ряду при дворядній схемах.

Однорядну схему армування застосовують при порівняно невеликій потужності обвальних порід, а також для профілактичних цілей; дворядну схему з механічними зв'язками між стрижнями тільки по вертикалі-при вельми нерівній поверхні обвалення або для підтримки порід на кінцевих ділянках лави, коли армовані стрижні встановлюють з боку підготовчого вироблення і проміжках рамної кріпи.

Дворядна схема з механічними зв'язками між армованими стрижнями по вертикалі і горизонталі є найнадійнішою, оскільки в цьому випадку, окрім армування порід, здійснюється затягування поверхні обвалення підхопленнями.

При підвищеному порушенні скріплювального масиву під підхоплення укладають затяжку.

Основними параметрами зміцнення нестійких вуглино-породних масивів хімічним армуванням є: кути установки і місця розташування гирл шпурів, що характеризують орієнтацію армованих стрижнів в масиві; крок установки стрижнів в ряду; довжина і діаметр армованих стрижнів, а також глибина їх закладення в стійких шарах порід; об'єм скріплювального складу, що витрачається на закріплення одного стрижня (число ампул).

Крок установки анкерів в ряд обумовлюється ступенем порушення зміцнюваного масиву і міцністю самих порід.

Найвідповідальнішим вважається перший ряд анкерів від пласта (основний ряд), оскільки тут існує найбільша небезпека висипання порід між анкерами. Тому для успішного зміцнення порід покрівлі найважливішим є правильний вибір кроку установки анкерів в основному ряду.

Гирла шпурів нижнього ряду армованих стрижнів щоб уникнути створення перешкод при роботі виконавського органу виїмкового механізму слід розташовувати на 10-15 см вище за кромку вугільного пласта, а відстань між рядами в дворядних схемах армування рекомендується приймати рівним приблизно половині висоти обвалення, але не більше 1 м. Шпури для установки стрижнів у однорядних схемах рекомендується бурити під кутом 10-20° до нашарування.

Кути установки армованих стрижнів в дворядних схемах рекомендується приймати: для нижнього ряду - 0° (стрижні розташовують паралельно нашаруванню), якщо потужність нижнього шару зміцнюваних порід покрівлі не перевищує 0,2 м або куськоватість породи при обваленні складає 0,1-0,3 м, і 10° - в решті випадків; для верхнього ряду - 45°, якщо літологічний склад і міцність порід, що залягають за тих, що вище обрушилися, практично не відрізняються від останніх, і 60° - за наявності стійкого шару порід над масивом, що обвалюється.

При куськоватості порід в межах 0,1-0,5 м між стрижнями нижнього ряду рекомендується створювати механічні зв'язки. При куськоватості 0,1-0,5 м під підхоплення рекомендується укладати затягування. Крок установки армованих стрижнів нижнього ряду рекомендується приймати рівним 0,5 м при потужності зміцнюваних порід  $k$  в межах 0,1-0,3 м; 0,7 м – при  $k = 0,1-0,3$  м і при куськоватості більше 0,5-0,9 м.

Крок установки стрижнів верхнього ряду рекомендується приймати: в схемах армування, що передбачають механічні зв'язки між стрижнями тільки по вертикалі рівним відстані між стрижнями нижнього ряду; в схемах армування з

механічними зв'язками між армованими стрижнями нижнього ряду – з розрахунку не менше двох стрижнів на одне підхоплення в нижньому ряду, але не більше 1,5 м.

Профілактичне армування порід з куськоватістю 0,3-0,5 м впродовж двох циклів виїмки вугілля рекомендується виконувати з кроком установки армованих стрижнів, рівним 0,9 м.

Для порід з куськоватістю при обваленні в межах 0,1-0,3 м профілактичні стрижні рекомендується встановлювати з кроком 0,7 м перед виїмкою перших двох смуг вугілля і з кроком 0,9 м перед виїмкою двох подальших смуг.

Для зміцнення нестійкої покрівлі в лавах тонких пологих пластів застосовують армовані стрижні діаметром 25 або 28 мм, довжина яких визначається значенням тип розмірного ряду (1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 3,0; 3,5 м).

Для закріплення анкерних стрижнів в порідному масиві використовується скріплювальний склад на основі карбамідної смоли. Перед затвердінням в шпурі він (розширяється). При цьому відбувається збільшення об'єму складу в 3,5-4 рази, розвивається тиск (в донній частині шпуру) від 0,4 до 1,0 МПа. Ця властивість забезпечує хороше заповнення зазору між стрижнем і стінками шпуру і само нагнітання складу по крупних тріщинах. Міцність закріплення стрижня, що характеризується зусиллям його вискубування, коливається в межах від 95 до 180 кН на 1 м закріпленої частини стрижня.

## 4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1 Мета дослідження

Ідея роботи полягає в обліку особливостей зміни тріщинуватої проникності порушеної покрівлі спереду очисного вибою ділянки лави, для встановлення параметрів технології зміцнення масиву нагнітанням скріплювальних хімічних складів і комбінованого способу.

Для досягнення мети визначені наступні задачі дослідження:

- встановити показники порушення й обвальності покрівлі в лавах, об'єм і область застосування хімічного способу зміцнення;

- оцінити можливість, точність і ефективність математичного планування шахтного експерименту по визначенню проникності порушеної покрівлі спереду лави;

- перевірити гіпотезу про взаємний зв'язок фільтраційних, структурно-механічних властивостей порушеної покрівлі на ділянках лави;

- визначити метод для визначення стійкого прольоту зміцненої покрівлі в незакріпленому при вибійному просторі лави;

- визначити метод оперативного визначення параметрів технології хімічного зміцнення порушеної покрівлі нагнітанням скріплювальних складів і комбінованого зміцнення на ділянках лави;

- перевірити у шахтних умовах комбінований спосіб зміцнення покрівлі, параметри технології зміцнення скріплювальними складами, нові скріплюючі склади, визначити ефективність і перспективу їх застосування.

Об'єкт дослідження – технологія фізико-хімічного зміцнення порід нестійкої покрівлі на ділянках лави.

Методи дослідження. У роботі використані лабораторний і аналітичний методи з застосуванням стандартних методик дослідження гірничого тиску, іспитів зразків порід і скріплювальних складів, методів математичної статистики, математичного планування експериментів і спеціальних приладів, пристроїв.



## 4.2 Аналіз стану технології зміцнення

Розробка в короткі терміни і впровадження досконалих технологій хімічного зміцнення нестійких покрівель лав стали можливими в результаті роботи великих творчих колективів басейнових інститутів, фірм, десятків і сотень учених вузів, академічних інститутів, виробничих об'єднань. Великий внесок у розвиток технології зміцнення порід внесли В.В. Васильєв, Ш.А. Алтаєв, В.І. Бондаренко, В.Р. Іменитов, А.М. Мусін, Л.А. Кричевський, Л.П. Томашевський, В.В. Кара, Кайзер І., Хайєрман Х., Ю.А. Лаухин, А.П. Широков, Р.К. Хансиваров, І.Д. Насонов, М.М. Кас'ян і багато інших.

До параметрів технології хімічного зміцнення нагнітанням скріплювальних складів відносяться: довжина шпуру, кути нахилу до горизонтальної площини і площини пласта, глибина герметизації, відстань між шпурами, витрата складів на шпур (1 м шпуру, м<sup>2</sup> покрівлі, м<sup>3</sup> масиву), тиск нагнітання. Довжина шпуру - основний параметр, що визначає інші.

На підставі аналізу вивченості досвіду хімічного зміцнення, властивостей зміцнюваних масивів, стану технології зміцнення покрівлі в лавах вугільних пластів зроблені висновки:

- при застосуванні карбамідних смол спочатку довжина шпурів для нагнітання скріплювальних складів приймалася від 1,8 до 2,0 м (в окремих випадках до 3,5 м), відстань між шпурами від 1,0 до 6,0 м, витрата на шпур від 0,002 до 0,4 м<sup>3</sup>;

- параметри технології нагнітання поліуретанових складів на ділянках лави призначені виходячи з організаційних вимог, без обліку властивостей масиву гірничих порід; параметри комбінованого способу зміцнення порід потребують доопрацювання;

- в очисних вибоях на шахтах Донбасу застосовуються сучасні технології зміцнення порід, істотними нестачами яких є висока вартість скріплювальних складів на основі поліуретанових смол;

- фільтраційні, структурно-механічні, сейсмоакустичні властивості зміцнюваної покрівлі на ділянках лави повністю не досліджувалися;

### 4.3 Методика досліджень

Відповідно до методики в натурних умовах досліджувалася тріщина проникність, сейсмоакустичні властивості, тріщинуватість масиву; відбиралися проби порід у місцях обвалювання покрівлі на ділянках лави. Проникність покрівель визначалася методом повітряного випробування тріщинуватості (ПВТ), заснованому на вимірі часу витікання дозованого об'єму стиснутого повітря від 0,4 до 0,1 МПа через тріщини, що перетинають загерметизовану 0,2-метрову ділянку шпуру. Для цього застосовувався прилад для виміру тріщинуватої проникності. Методика дослідження проникності полягала у наступному. На ділянках лави, у зоні вивалу порід покрівлі, у глиб масиву бурили шпури довжиною до 2,5 м, під кутом 5-30°.

Проникність окремих 0,2-метрових ділянок вимірювали в напрямку від вибою шпуру до устя. Для цього по секундоміру фіксували час зниження тиску стиснутого повітря від 0,4 до 0,1 МПа.

Проникність ділянки шпуру вираховується за формулою:

$$V_t = 600 \cdot (P_n - P_k) \cdot (\Delta t)^{-1}$$

де  $V_t$  - повітряна проникність, МПа (м.с)<sup>-1</sup>;

$P_n, P_k$  - початковий та кінцевий тиск, МПа;

$t$  - час закінчення повітря, с;

$\Delta l$  - довжина загерметизованої ділянки шпуру, м.

Проникність масиву також визначали по методу фільтрації, заснованому на вимірі часу витікання дозованого об'єму стиснутого повітря при постійному тиску. Результати вимірів за двома методами через ті самі ділянки шпурів передбачалися для дослідження зв'язку еквівалентного отвору і коефіцієнта тріщинуватої проникності.

Фільтраційну анізотропію тріщинуватої проникності масиву визначали методом ПВТ за допомогою розробленого автором пристрою. Виміри виконували по чотирьох напрямках, при орієнтації секторної іспитової камери нагору, вниз і у боки стосовно вісі шпуру, на кожній 0,2-метровій загерметизованій ділянці.

При визначенні фільтраційних властивостей порушених покрівель паралельно, по тим самим шпурам, визначали сейсмоакустичні властивості масиву, із метою дослідження їхнього взаємного зв'язку. Для виміру інтенсивності сейсмоакустичних хвиль застосовували прилад ПСЛ-2м конструкції ІГС ім. О.О. Скочинського. Методика сейсмоакустичного зондування покрівлі на протяжній ділянці лави полягала у наступному. На замірній станції крейдою відзначали місце розташування устя шпуру й в обидві сторони від нього через 0,5м намічали крапки установки приймача приладу. Шпур бурили електросвердлом до глибини 0,8-0,9 м, після чого вимірювали приладом ПСЛ-2м інтенсивність сейсмоакустичного сигналу від породного різця, що руйнує породу. Зусилля подачі свердла підтримували постійне і рівне 200 кН. Загальний час виміру дотримувався мінімальним, щоб шпур поглибився не більш ніж на 0,1м. Виміри повторювали при глибині 1,6-2,0 м.

За допомогою лабораторних досліджень визначено параметри міцностних і деформаційних властивостей порід, затверділих полімерних композицій, хімічні властивості порід. З однієї проби виготовляли 4-10 зразків породи на пів правильної форми розміром від 25 до 40 мм, із ймовірною площею розколу 15-18 см<sup>2</sup> і випробували на розрив приладом ППЕІ конструкції кафедри шахтного будівництва ДГМІ. Зразки розколювали кульовими інденторами, фіксували тиск по манометру приладу, вимірювали площу поверхні розколу зразка й обчислювали межу міцності породи на розрив уздовж шару. Зразки затверділих композицій випробували на розривній машині РМП-50-у. Розміри зразків 110x10x(1-2) мм.

Реакцію скріплювального шару вимірювали гумовим динамометром, прикріпленим одним кінцем до скріплювального шару, а іншим до нерухомої балки стенда. При опусканні покрівлі гумовий елемент динамометра розтягувався і рухав стрілку, довгий кінець якої ковзав по лінійці, закріпленій на верхній балці стенда. Состав еквівалентного матеріалу, мас. ч.: пісок - 75; смола марки МФФ-М - 18; 6-% розчин щавлевої кислоти - 7. Об'ємна вага еквівалентного матеріалу 1550 кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.4 Аналіз досліджень властивості порушених масивів порід

По маркшейдерській і геологічній документації вивчені гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови відпрацьовування пластів лавами. Методикою передбачався збір і аналіз даних через 3-5 років, із метою виявлення закономірностей у проявах порушення покрівель вугільних пластів у межах виймальних полів шахт, виробничих об'єднань і усього Донбасу. Зібрані дані про роботу усіх лав, оброблені з застосуванням методів математичної статистики і використані при виборі об'єктів дослідження властивостей порушеної покрівлі, а також для встановлення об'ємів і області застосування фізико-хімічного способу зміцнення на шахті «ім. Д.Ф.Мельникова».

Обвалювання покрівель у при вибійному просторі, поданих аргілітами й алевролітами, вивчена для 264 геологічних порушень у лавах пологих пластів. Геологічні порушення (скиди, підкиди, насуви) мали: нормальну амплітуду від 0,1 до 2,0 м, у середньому 0,44 м; кути зустрічі з лавою від  $10^\circ$  до  $85^\circ$ ; кути спаду зміщувачів від  $13^\circ$  до  $85^\circ$ . Вивали порід покрівлі спостерігалися у всячому боці в 90 %, а в лежачім боці в 70 % випадків.

Встановлено, що навіть при незначних амплітудах порушень спостерігаються вивали висотою від 0,5 до 1,5 м; підтверджена тенденція збільшення висоти обрушення зі збільшенням амплітуди порушення, тобто висота обрушення, як і у випадку обманливої покрівлі, визначається потужністю слабких порід. Отримані значення параметрів порушених зон використані при визначенні об'ємів і необхідних засобів хімічного зміцнення порід на шахтах Донбасу.

Запропонована методика розрахунку потужності зміцнюваного шару і визначення стійкого граничного прольоту зміцненої покрівлі містить такі припущення: міцність затверділих складів не перевищує міцності на розрив порід нестійкої покрівлі, що знаходиться у межах від 1 до 4 МПа; при опусканні покрівлі після виїмки вугілля зміцнений масив розділяється тріщинами паралельними лінії очисного вибою на балки шириною, рівною ширині захвату комбайна; покрівля повинна зберігати стійкість у

незакріпленому при вибійному просторі лави. Отримано рівняння для розрахунку потужності зміцнюваного шару:

$$h_1 = l_T \left( 3h_{н.к.} \cdot \gamma \cdot [\sigma_p]^{-1} \right)^{0.5},$$

де  $h_1$  - потужність зміцненого шару, м;

$h_{н.к.}$  - потужність нестійкої покрівлі, м;

$\gamma$  - об'ємна вага порід нестійкої покрівлі, Н/м<sup>3</sup>;

$l_T$  - довжина технологічного прольоту балки, м;

$[\sigma_p]$  - міцність порід зміцненої покрівлі на розтяг, МПа.

У лавах з індивідуальним кріпленням, при дотриманні технології кріплення покрівлі і потужності зміцнюваного шару до 1 м, неможливо створити стійкий проліт із зміцнених порід довжиною більше 6 м. При потужності зміцненого шару недостатньої для утримання схильної до обвалення покрівлі, необхідно додатково армувати його анкерами, тобто застосовувати комбінований спосіб зміцнення, сутність якого полягає в наступному. У місцях вивалу порід нестійкої покрівлі буриться один або два ряди шпурів, через нижні шпури нагнітається скріплювальний склад. Потім у нижніх і верхніх шпурах, через визначену відстань уздовж лави, встановлюють і закріплюють по усій довжині скріплювальним складом анкери, що утримують від завалення укріпленій шар. Спосіб придатний в умовах, при котрих неефективне хімічне армування, тобто для порід з інтенсивністю тріщинуватості 5 і більш тріщин на 1 м.

Для визначення стійкого прольоту зміцненої комбінованим способом покрівлі, на підставі аналітичної залежності для визначення потужності зміцнюваного шару порід, отримана формула:

$$l = \left\{ K_6 \cdot h_1^2 [\sigma_p] \cdot (3h_{н.к.} \cdot \gamma)^{-1} \right\}^{0.5}$$

де  $l$  - довжина стійкого прольоту зміцненої покрівлі, м;

$K_6$  - враховує умови роботи балки: консольної = 1; на 2 пружних опорах = 2.

За результатами розрахунків розроблений параметр технології хімічного зміцнення комбінованим способом - відстань між шпурами для анкерів.

#### 4.5 Дослідження залежності тріщинуватої проникності

На цьому етапі досліджувалася залежність тріщинуватої проникності порушених покрівель від визначальних її факторів. Вибір числа й умов постановки досвідів здійснений на підставі математичного планування експерименту, з обліком неповного виконання вимог керованості факторами. При аналізі факторів що впливають у план експерименту апріорі включена міцність порід, глибина розробки, потужність пласта. Після реалізації плану повного факторного експерименту типу отримана лінійна модель, що адекватно описує проникність порід у залежності від основного фактора що впливає - міцність порід на розтягування:

$$S_E = 214,1 - 68,9 \cdot \sigma_p + 0,0177 \cdot \sigma_p \cdot H$$

де  $S_E$  - еквівалентний отвір, мм<sup>2</sup>;

$\sigma_p$  - межа міцності порід на розтяг, МПа;

$H$  - глибина розробки, м.

Для вирішення задачі дослідження розподілення проникності у глиб масиву, тобто від довжини шпуру, потужності порід, що легко обрушуються і, головне, більш детального дослідження екстремального значення параметра оптимізації - коефіцієнта проникності, проведені додаткові дослідження проникності. Дослідження тріщинуватої проникності покрівель були проведені в 11 лавах 9 шахт при наступних гірничо-геологічних умовах відпрацювання: потужність пластів від 0,56 до 1,4 м; кут спаду пластів 5-28°; глибина розробки 246-705 м. Довжина ділянок вивалів нестійкої покрівлі уздовж лави складала від 1,6 до 40,5 м, а висота обвалення порід покрівлі від 0,2 до 2 м. У місцях вивалів покрівлі було пробурене 22 шпури, у яких виконано 750 вимірів тріщинуватої проникності нестійких покрівель. Для оброблення статистичних даних застосовані методи математичної статистики, що дозволяють установити характер зміни відгуку від різних факторів усередині досліджуваної області. Для прогнозування тріщинуватої проникності порушених порід покрівлі в лавах отримане рівняння множинної регресії, у яке були включені 4 фактори:

$$S_E = -7,0 - 23 \cdot l_{ш}^{-1} + 559,4 \cdot \sigma_p^{-1} - 80500 \cdot H^{-1} - 2 \cdot h_{н.к.}^{-1}$$

де  $l_{ш}$  - глибина шпуру, м;

$\sigma_p$  - міцність порід на розтяг, МПа.

Залежність достовірна, тому що множинне кореляційне відношення і його надійність відповідно дорівнюють 0,77 і 19,0. Рівняння придатне в наступних діапазонах зміни факторіальних ознак:  $l_{ш}$  від 0,4 до 1,98 м, середнє - 0,94 м;  $H$  від 350 до 705 м, середнє - 510 м;  $\sigma_p$  від 1,1 до 2,7 МПа, при середньому значенні 2,22 МПа;  $h_{н.к.}$  від 0,2 до 2 м, середнє - 0,61 м. У рівнянні залежні фактори розташовані в порядку убутання ступеня їхнього впливу на розмір еквівалентного отвору. Отримані рівняння чистих регресій:

$$S_E = 83 - 23 \cdot l_{ш}^{-1}$$

$$S_E = -192 + 559,4 \cdot \sigma_p^{-1}$$

$$S_E = 218 - 80500 \cdot H^{-1}$$

$$S_E = 65 - 2 \cdot h_{н.к.}^{-1}$$

придатні для прогнозу залежності  $S_E$  від  $l_{ш}$ ,  $\sigma_p$  і  $H$ , тобто підтверджені висновки, отримані при відпрацьовуванні плану експерименту, але уточнений вид залежності - залежність гіперболічного виду надійніша за лінійну.

Для визначення параметрів технології зміцнення важливо знати не відносну характеристику проникності ( $S_E$ ), а коефіцієнт проникності, що характеризує фільтраційні властивості масиву. Отримана залежність коефіцієнта тріщинуватої проникності від площі еквівалентного отвору:

$$K = 0,098 \cdot 10^{-6} + 0,093 \cdot S_E$$

де  $K$  - коефіцієнт тріщинуватої проникності масиву порід, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,91, його надійність 26,51.

Встановлено, що зі збільшенням глибини виміру коефіцієнт тріщинуватої проникності масиву зменшується, що підтверджено виразом:

$$K_o = K_c \cdot K_E^{-1} = 1,14 - 0,26 \cdot l_{ш}^{-1}$$

де  $K_0$ ,  $K_c$  і  $K_e$  - коефіцієнти тріщинуватої проникності порід відповідно відносний, для розглянутої частини шпуру і усього шпуру. Кореляційне відношення 0,72, його надійність 14,9 м<sup>2</sup>

Фільтраційні властивості порід тріщинуватого масиву вивчені також у напрямках рівнобіжних і перпендикулярних шаруватості. На підставі досліджень проникності покрівель встановлено, що нестійкі породи спереду очисного вибою по фільтраційним властивостям анізотропні і неоднорідні. Коефіцієнт анізотропії проникності мав значення від 1,13 до 11,7, при середньому значенні 3,55. В усіх розглянутих дослідах проникність у напрямку пласта була в середньому на 30 % менше, ніж по інших напрямках, що було враховано при визначенні параметрів технології нагнітання складів: відстані між шпурами і розташування шпурів.

Встановлено, що в масиві порід покрівель спереду вибою дуже порушена зона, поширювалася на 0,4-1,2 м (0,47-1,56 потужності пласта) і залежала в основному від міцності порід. Для визначення розміру цієї зони в співавторстві було отримане рівняння регресії:

$$l_n = m_{пл.} \cdot (1,8 \cdot \sigma_p^{-1} - 0,2),$$

де  $m_{пл.}$  - потужність пласта, м.

Рівняння має кореляційне відношення 0,82, а його надійність 9,1. Ширина зони порушених і вододіючих фільтраційними властивостями, що різко відрізняються, порід спереду очисного вибою незначна і порівняна із шириною захвату комбайна.

Безпосередні визначення коефіцієнтів проникності порушеного масиву методом ПВТ або по методу фільтрації при постійному тиску повітря трудомісткі, тривалі, а головне, не оперативні. Тому паралельно з фільтраційними властивостями досліджувалися сейсмоакустичні властивості порід, для встановлення їхнього взаємного зв'язку і можливості по інтенсивності сейсмоакустичного сигналу оцінити тріщину проникність масиву. Встановлено кореляційний зв'язок між інтенсивністю проходження сейсмоакустичного сигналу від різця, що руйнує породу при бурінні шпуру і



коефіцієнтом тріщинуватої проникності на протяжній ділянці лави, що виражається рівнянням:

$$K = 22,06 - 2,32 \cdot \ln A$$

де  $A$  - середнє значення інтенсивності сейсмоакустичних хвиль, мкА.

Залежність достовірна, тому що коефіцієнт кореляції дорівнює 0,51, а його надійність 3,53. Для обліку взаємного впливу факторів, досліджуване наступне рівняння множинної регресії:

$$K = 26,7 - 3,27 \cdot \ln A + 2694 \cdot H^{-1} - 5,37 \cdot I_{\text{ш}}^{-1}$$

Множинне кореляційне відношення 0,724 і його надійність 7,29. Рівняння більш надійно, ніж рівняння парної кореляції відбиває залежність досліджуваних факторів і на його основі отримані рівняння чистої і приватної регресій:

$$K = 27,83 - 3,27 \cdot \ln A$$

$$K = 31,8 - 3,27 \cdot \ln A - 5,37 \cdot I_{\text{ш}}^{-1}$$

Результати проведених досліджень використані для розробки оперативного методу прогнозу коефіцієнта тріщинуватої проникності, на підставі якого визначаються технологія і параметри зміцнення покрівлі на ділянках лав.

Запропонована типізація покрівель, які влаштовуються в при вибійному просторі при виїмці вугілля на протяжних і кінцевих ділянках лав, заснована на результатах досліджень властивостей порушених покрівель. Класифікаційна ознака - залишкова міцність схильних до обвалення у при вибійному просторі порід. Критерій поділу на типи - інтенсивність хвиль при сейсмоакустичному зондуванні покрівлі. Типізація містить 5 типів, охоплює всі літологічні різновиди порід, що входять до масиву простої або складної будови; у разі визначальними є властивості нижнього шару чи пачки шарів покрівлі. Типізація призначена для вибору способу зміцнення, визначення обсягу та області застосування різних способів зміцнення покрівель.

#### 4.6 Визначення параметрів технології зміцнення покрівлі

На основі встановлених закономірностей фільтраційних, структурно-механічних властивостей нестійких покрівель на ділянках лави обґрунтовані параметри технології зміцнення покрівлі нагнітанням скріплювальних складів. У результаті теоретичних розрахунків для шпуру довжиною 4 м по залежності встановлено, що для всього діапазону інтенсивності сейсмоакустичних хвиль від 150 до 500 мкА (область застосування технології зміцнення нагнітанням скріплювальних складів), на ділянці шпуру від 2 до 4 м (при 150 мкА) і від 1,6 до 4 м (при 500 мкА) тріщина проникність не перевищує 10 % від загальної проникності через шпур, тобто практично відсутня. Таким чином, довжина шпуру для нагнітання скріплювальних складів може бути від 1,6 до 2,0 м.

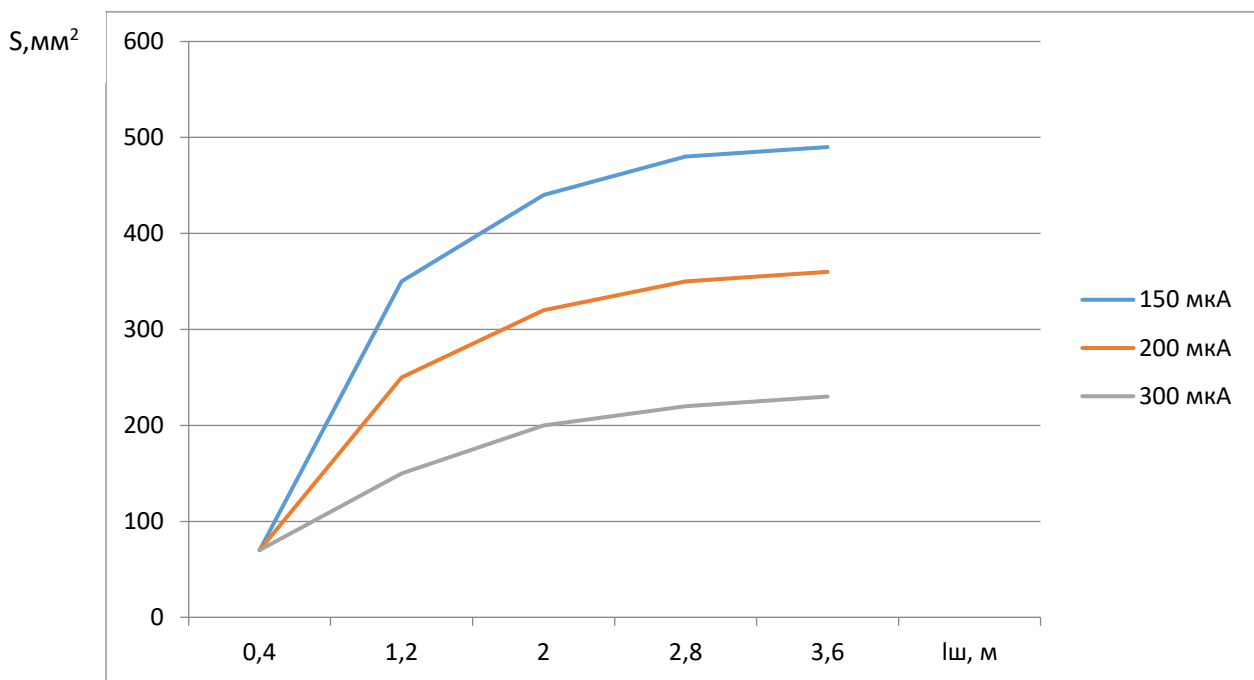


Рис. 4.1 Залежність еквівалентного отвору від глибини шпуру та інтенсивності сейсмоакустичних хвиль на сполученнях лав з виробками

З умови рівності проникності на ділянці шпуру, що фільтрує, і на загерметизованому глибина герметизації шпуру складає від 0,7 до 0,6 м, герметизується ділянка дуже порушених порід, що відповідно до рівняння має глибину від 0,4 до 0,8 м. При цьому виключаються непродуктивні витрати на буріння шпурів довжиною більш 1,6 - 2 м, забезпечується надійність способу, тому що масив оброблюється рівномірно, виключається витік скріплювальних

складів через дуже тріщинуваті породи. Довжина шпуру, довжина його фільтруючої частини визначають всі інші параметри розташування шпурів і технології нагнітання.

Кут нахилу шпуру до площини напластування прийнятий 0-5°, тобто шпур необхідно розташовувати паралельно площині напластування і на відстані від неї рівному 0,4 потужності зміцнюваного шару, тому що проникність у напрямку до пласта на 30 % менше, ніж по іншим напрямкам.

При однакових показниках приладу по пікетах зліва і справа від устя шпуру, його рекомендується бурити перпендикулярно до лінії очисного вибою, якщо показання відрізняються - розташовувати під кутом від 60° до 75° убік, де спостерігається більша інтенсивність сейсмоакустичних хвиль. Відстань між шпурами для нагнітання складів залежить від фільтраційних властивостей масиву, потужності зміцнюваного шару і визначається по формулі:

$$l_{\text{м.ш}} = h_1 \cdot k_A \cdot k_H$$

Таблиця 4.1 Параметри масиву та розташування шпурів на ділянках лави

Показник	Параметри у лавах*		
Інтенсивність сейсмоакустичних хвиль, мкА	до 150	151-250	251-500
Довжина шпуру, м	2,0/2,0	1,8/1,8	1,6/1,6
Глибина герметизації, м	0,6/0,6	0,65/0,65	0,7/0,7
Відстань між шпурами для нагнітання складів при потужності порід, що обвалюються, м 1,0 2,0	1,0/1,0 1,0/2,0	1,0/1,0 1,0/1,6	1,0/1,0 1,0/1,4
Відстань між шпурами для армування при комбінованому способі зміцнення у залежності від потужності зміцнюваного шару та міцності порід, що обвалюються м 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,5 2,0	1,5 1,7 2,0 2,2 2,5 3,8 5,1	2,1 2,5 2,9 3,2 3,6 5,4 7,2	2,6 3,0 3,5 3,9 4,4 7,6 10
Міцність на розтяг, МПа	1	2	3

\* у чисельнику з механізованим; у знаменнику з індивідуальним кріпленням

де  $l_{м.ш}$  - відстань між шпурами, м;

$h_1$  - розрахункова потужність зміцнюваного шару покрівлі, м;

$k_A$  - коефіцієнт, що враховує анізотропію проникності,  $k_A = 1,3$ ;

$k_H$  - враховує нерівномірність проникності на ділянці шпуру що фільтрує 0,8

З методики визначення потужності зміцнюваного шару відстань між шпурами варто приймати рівною потужності зміцнюваного шару, що залежить від потужності і міцності зміцнених порід. У табл. 4.1 приведені параметри розташування шпурів для нагнітання скріплювальних складів і армування при комбінованому способі зміцнення. Методика визначення параметрів розташування шпурів включає: вимір інтенсивності сейсмоакустичних хвиль приладом ПСЛ-2 м при бурінні шпуру на місці проведення робіт по зміцненню, визначення по таблиці довжини шпуру, глибини герметизації і відстані між шпурами. На підставі розрахунків встановлене, що при комбінованому способі зміцнення відстань між анкерами уздовж вибою лави дорівнює від 1,5 до 7,2 м, що в 2,5 - 12 разів більше, ніж тільки при армуванні.

Ефективність зміцнення порід визначається також властивостями скріплювальних матеріалів. Досліджувалися властивості скріплювальних складів на основі перспективних карбамідних смол із метою підвищення міцності, зменшення часу затвердження й усадки складів, таких як МФФ-М, КФ-МТ, МФФ-Ф, КФ-СОМТ, КФ-О, КФ-МТ-15 і ін. Виходячи із санітарно-гігієнічних властивостей, для застосування в підземних умовах, більш придатні смоли з найменшим утриманням вільного формальдегіду - КФ-СОМТ (0,06-0,1 %). Як добавок до смоли застосували сечовину, полівінілацетатну дисперсію, воду; як затверджувач - щавлеву кислоту. Найменшу міцність на розрив від 0,88 до 1,53 МПа мала композиція, традиційно застосовуваного складу: смола - кислота - вода. У складі без води, у котрому ПВА дисперсія використовувалася для змішування з щавлевою кислотою, міцність збільшувалася незначно, однак, додавання від 1 до 2 % сечовини привело до значного збільшення міцності затверділого складу на розрив від 2,2 до 7,9 МПа. З метою виявлення впливу ПВА дисперсії на міцності і деформаційні властивості скріплювального складу

складений симплекс-решітчастий план і діаграма склад-властивість. В кожному з 26 дослідів виготовляли по 5-7 зразків затверділого скріплювального складу і випробували їх на розривній машині РМП-50у. При обробці даних випробувань для смоли КФ-СОМТ отримане рівняння множинної регресії:

$$\sigma_p = 2,56 - 0,036 \cdot X_{II} + 1,82 \cdot X_K^{-1}$$

Рівняння описує вплив ПВА дисперсії ( $X_{II}$ ) і кислоти ( $X_K$ ) у скріплювальному складі. Множинне кореляційне відношення 0,47, його надійність 2,78. У результаті досліджень розроблений скріплювальний склад на основі смоли КФ-СОМТ і ПВА дисперсії з вмістом компонентів, мас. %: смола 70, ПВА дисперсія от 26 до 29,5; щавлева кислота від 4 до 0,5. Застосування скріплювальних складів з вмістом щавлевої кислоти більш 1 % практично можливо тільки при двох-розчинній або роздільній схемі нагнітання, коли компоненти роздільно подають до шпуру і перемішують у змішувачі або безпосередньо у шпурі. Одно розчинна схема нагнітання може бути застосована при утриманні щавлевої кислоти менше 1 % у скріплювальному складі.

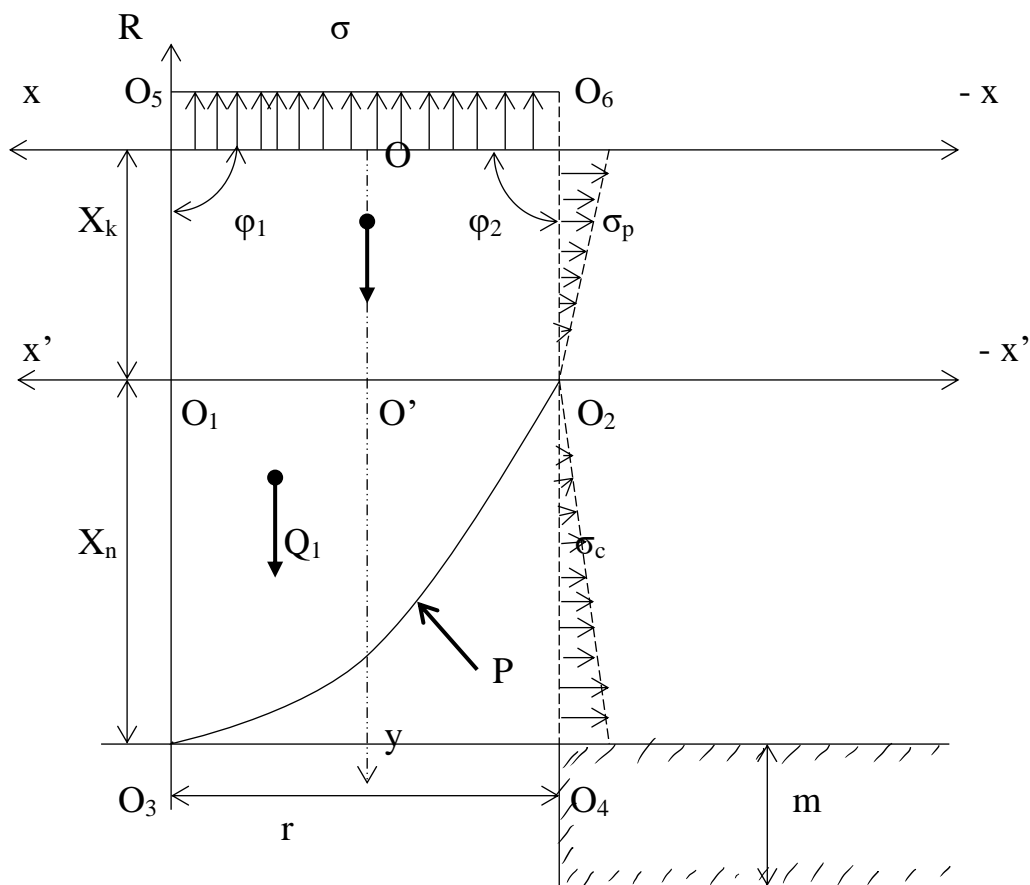


Рис. 4.2 Розрахункова схема для визначення реакції скріплювального шару

Продуктивність нагнітальної установки для зміцнення порід на ділянці лави визначається з обліком коефіцієнта проникності по формулі:

$$Q_H = \pi \cdot d \cdot k' \cdot l_\phi \cdot (\Delta P \cdot \gamma^{-1})^{0,5} \cdot \mu_o^{-1} \cdot a^{-1}$$

де  $d$  - діаметр шпуру, м;

$k'$  - середній коефіцієнт проникності порід на фільтраційній ділянці шпуру, пробуреному на протяжній ділянці лави,  $k' = K/2$ , м<sup>2</sup>;

$l_\phi$  - довжина ділянки фільтрації шпуру, м;

$\Delta P$  - тиск нагнітання скріплювального складу, Па;

$\gamma$  - об'ємна маса скріплювального складу, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_o$  - відношення динамічної в'язкості скріплювального складу до динамічної в'язкості води;  $a$  - коефіцієнт розмірності,  $a = 1$  м<sup>2</sup>.

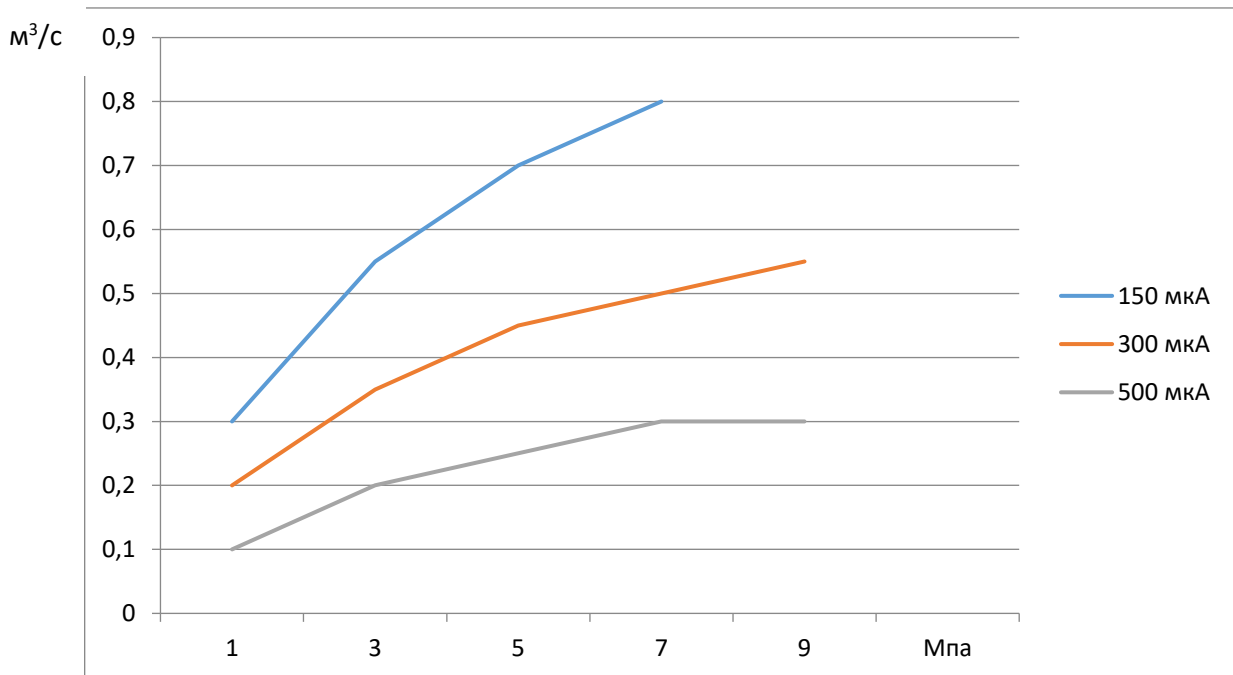


Рис. 4.3 Графік для визначення продуктивності установки

На підставі розрахунків по формулі продуктивність установки для нагнітання скріплювальних складів у покрівлю пластів на ділянках лави знаходиться в межах від  $0,04 \cdot 10^{-3}$  до  $0,16 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Проникність порід, довжина шпуру, довжина фільтруючої частини, і глибина герметизації істотно впливають на темп нагнітання скріплювальних складів, що визначається відповідно за номограмою на рисунку.

Для нагнітання скріплювальних синтетичних розчинів у ДГМІ було розроблене і виготовлене спеціальне устаткування з урахуванням встановлених параметрів порушених, нестійких масивів порід покрівель: нагнітальні установки на основі поршневих і шестеренчастих насосів, інжектор для двокомпонентних розчинів. Нагнітальні установки, інжектор, модифіковані скріплювальні склади успішно застосовувалися при виконанні науково-дослідних робіт і були впроваджені на шахтах виробничих об'єднань "Луганськвугілля", "Лисичанськвугілля", "Ровенькиантрацит" для здійснення технології зміцнення з оптимальними параметрами. Так, у лаві № 121 пласту I<sub>6</sub> на шахті "ім. Д.Ф. Мельникова" для запобігання обвалення покрівлі був застосований комбінований спосіб зміцнення порід, що включає в себе нагнітання в масив через шпури скріплювального складу, армування покрівлі з хімічним закріпленням анкерів і створення скріплювального шару набризгуванням на поверхні вивалу.

Для зміцнення порід застосований скріплювальний склад на основі карбамідної смоли такого складу, мас. %: карбамідна смола КФ-СОМТ або КФ-МТ-15 = 66,0-70,0; ПВА дисперсія марки П = 33-27; щавлева кислота = 0,5-3,0. Затверджена композиція скріплювального складу мала міцність на стиск від 50 до 79 МПа. Для нагнітання скріплювальних складів і набризгування застосовувалася розроблена ДГМІ нагнітальна установка.

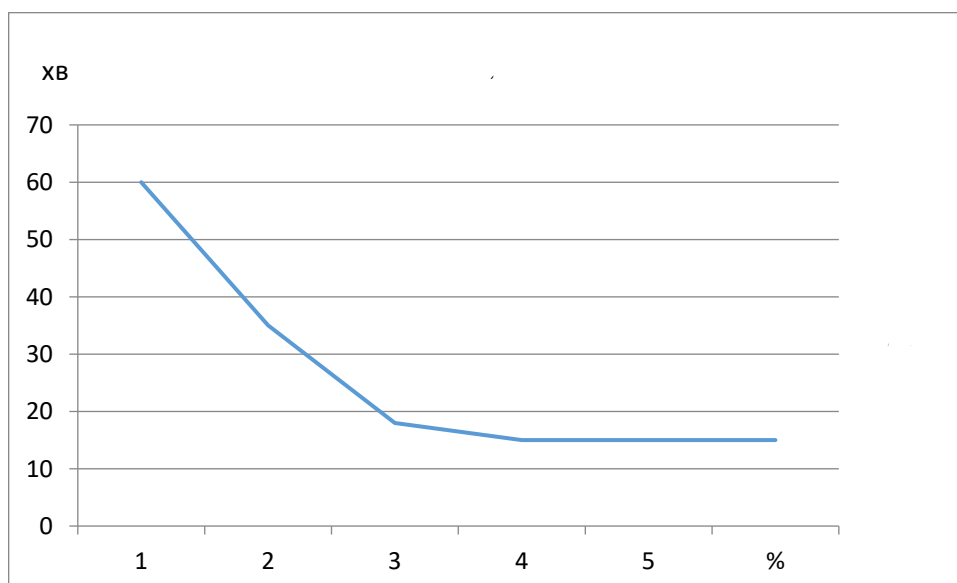


Рис. 4.4 Графік залежності часу геле утворення розчину

#### **4.7 Висновки з дослідної частини**

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні методу контролю стану покрівлі на ділянках лави і параметрів її зміцнення, що забезпечує підвищення ефективності фізико-хімічного способу зміцнення, при наявності нестійкої покрівлі.

Встановлено придатність і ефективність методу визначення проникності порушених порід на ділянках лави по інтенсивності сейсмоакустичних хвиль від різця, що руйнує породу при бурінні шпуру.

Проаналізовано параметри розташування шпурів на ділянках лави при зміцненні порід нагнітанням скріплювальних складів, при яких зменшуються витрати на буріння шпурів і витрата складів.

Проаналізовано параметри розташування шпурів під анкери при комбінованому способі зміцнення покрівлі, що дозволяють розширити область застосування фізико-хімічного зміцнення.

Підібрано склад для нагнітання в масив через шпури і для набризгування на поверхню покрівлі на основі карбамідної смоли і полівінілацетатної дисперсії, вартість якого в 5 разів менше, ніж поліуретанового.

Запропонований аналітичний метод розрахунку потужності зміцнюваного хімічним складом шару покрівлі, що дозволяє обґрунтовувати параметри розташування шпурів при зміцненні порід на ділянках лави з обліком їхньої довжини.



## **5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА**

### **5.1 Рекомендації з промислової реалізації результатів досліджень**

Більшість пропозицій впроваджені на шахтах Донбасу з відчутним економічним ефектом. Впроваджено метод оперативного визначення проникності покрівлі і параметрів зміцнення на ділянках лави, на шахтах ПАТ "Лисичанськвугілля", "Луганськвугілля", "Ровенькиантрацит".

Скріплювальний склад, (розроблений на основі карбамідної смоли і полівінілацетатної дисперсії) комбінований спосіб зміцнення покрівлі, нагнітальна установка - запропоновані для застосування на шахті ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля".

Науково-прикладні результати розробки авторів в частині визначення параметрів масиву і технології зміцнення використовуються в навчальному процесі при підготовуванні бакалаврів і спеціалістів гірничого профілю.

## 5.2 Аналіз порушення порід покрівель

Фактичні дані поширення вивалів порід покрівель по очисних вибоях шахт ПАТ «Лисичанськвугілля» подано в таблиці 5.1. З аналізу даних видно, що середня висота вивалів покрівель становить 0,52 м при середній довжині 16,4 м. В той самий час спостерігається значна нерівномірність висоти вивалів по їх довжині. Коливання висоти вивалів лежить в межах від 0,16 м до 1,31 м. Схему вимірювання розмірів вивалу подано на рис. 5.1.

По фактичних даних побудовані гістограми поширення вивалів порід покрівель по висоті, довжині та за нерівномірністю висоти (рис. 5.2 – 5.4).

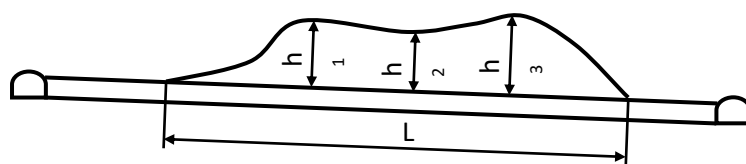


Рисунок 5.1 Схема щодо визначення геометричних розмірів вивалу

Гістограма нерівномірності висоти вивалів покрівель пластів ПрАТ "Лисичанськвугілля"

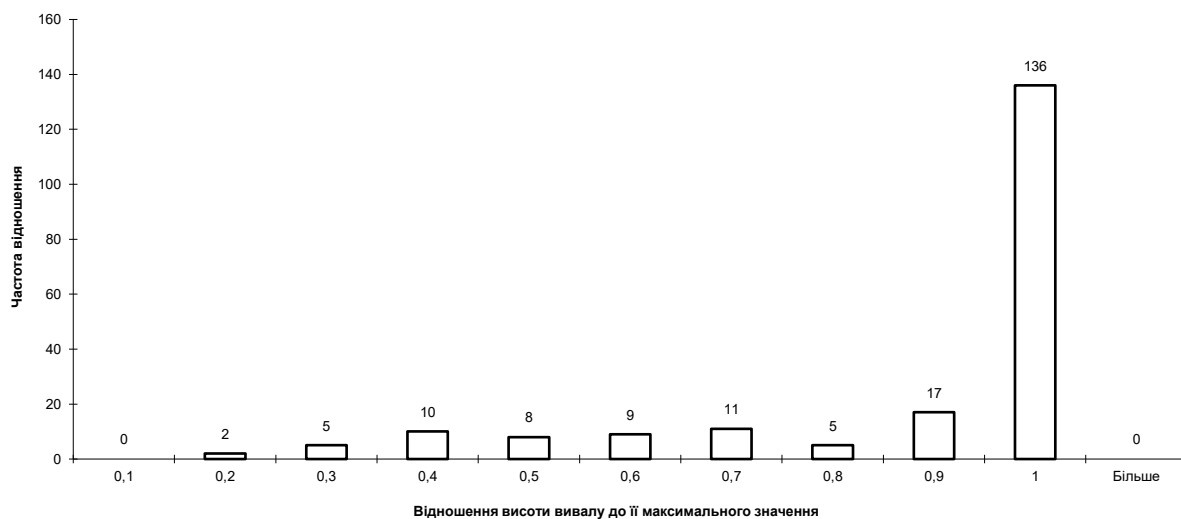


Рисунок 5.2 Гістограма нерівномірності висоти вивалів порід покрівель пластів ПАТ «Лисичанськвугілля»

З побудованих гістограм видно, що найбільш поширеними для шахт ПАТ «Лисичанськвугілля» є вивали висотою 0,5-0,625 м (понад 76,9%) й довжиною від 7 до 20 м (понад 75,3%).

Таблиця 5.1 Фактичні дані по розмірам вивалів порід покривель пластів

ПАТ «Лисичанськвугілля»

№	h, м	L, м	h <sub>max</sub>	h/h <sub>max</sub>
1	0,38	2,50	0,56	0,68
	0,17			0,30
	0,56			1,00
2	0,62	2,40	0,62	1,00
3	0,22	4,00	0,22	1,00
4	0,36	12,00	0,36	1,00
5	0,35	15,00	0,35	1,00
6	0,37	25,00	0,37	1,00
7	0,26	35,00	0,26	1,00
8	0,52	35,00	0,52	1,00
	0,40			0,77
9	0,55	31,00	0,58	0,95
	0,58			1,00
10	0,21	40,00	0,21	1,00
11	0,30	18,00	0,30	1,00
12	0,34	5,00	0,34	1,00
13	0,52	16,00	0,52	1,00
14	0,59	65,00	0,59	1,00
	0,48			0,81
15	0,40	34,00	0,60	0,67
	0,60			1,00
16	0,50	25,00	0,50	1,00
	0,34			0,68
17	0,68	60,00	0,83	0,82
	0,52			0,63
	0,66			0,80
	0,83			1,00
18	0,30	33,00	0,35	0,86
	0,35			1,00
	0,31			0,89
19	0,31	18,00	0,35	0,89
	0,17			0,49
	0,35			1,00
20	0,31	32,00	0,52	0,60
	0,52			1,00
	0,47			0,90
21	0,61	3,00	0,61	1,00
22	0,18	20,00	0,18	1,00
23	0,16	20,00	0,16	1,00
24	0,41	6,00	0,41	1,00
25	0,25	40,00	1,08	0,23
	0,51			0,47
	0,43			0,40
	0,44			0,41
	1,08			1,00
26	0,78	3,70	0,78	1,00
27	0,44	25,00	0,51	0,86
	0,33			0,65
	0,51			1,00
28	0,38	18,00	0,44	0,86
	0,44			1,00
29	0,58	25,00	0,58	1,00

№	h, м	L, м	h <sub>max</sub>	h/h <sub>max</sub>
30	0,63	25,00	0,63	1,00
31	0,34	3,00	0,34	1,00
32	0,39	59,00	1,01	0,39
	0,48			0,48
	0,35			0,35
	1,01			1,00
33	0,63	20,00	0,63	1,00
34	0,24	16,00	0,24	1,00
35	0,32	26,00	0,32	1,00
36	0,42	11,00	0,50	0,84
37	0,60	40,00	0,85	0,71
	0,85			1,00
	0,84			0,99
38	0,37	18,00	0,37	1,00
39	0,19	10,00	0,19	1,00
40	0,45	26,00	0,82	0,55
	0,82			1,00
	0,79			0,96
41	0,23	14,00	0,60	0,38
	0,60			1,00
42	0,37	18,00	0,37	1,00
43	0,45	5,00	0,45	1,00
44	0,50	12,00	0,83	0,60
	0,83			1,00
	0,77			0,93
	0,44			0,53
45	0,57	15,00	0,57	1,00
46	0,43	5,00	0,43	1,00
47	0,23	31,00	1,21	0,19
	0,37			0,31
	1,21			1,00
	0,66			0,55
48	0,56	25,00	0,56	1,00
	0,46			1,00
49	0,46	10,00	0,46	1,00
50	0,52	15,00	0,52	1,00
51	0,53	17,00	0,95	0,56
	0,95			1,00
52	0,63	6,00	0,63	1,00
53	0,56	14,50	0,56	1,00
54	0,48	10,00	0,48	1,00
55	0,54	20,00	0,54	1,00
56	0,25	11,00	0,97	0,26
	0,97			1,00
57	0,59	16,00	0,62	0,95
	0,56			0,90
	0,55			0,89
58	0,62	13	0,62	1,00
	0,28			0,45
	0,43			0,69
59	0,62	1	1	1
	0,46			0,74

Таблиця 5.1 Фактичні дані по розмірам вивалів порід покрівель пластів

ПАТ «Лисичанськвугілля» (продовження)

№	h, м	L, м	h <sub>max</sub>	h/h <sub>max</sub>
59	0,51	12	1,31	0,39
	0,74			0,56
	0,25			0,19
	1,31			1,00
60	0,65	21	0,65	1,00
	0,58			0,89
61	0,43	5	0,43	1,00
62	0,46	13	0,46	1,00
63	0,54	10	0,54	1,00
64	0,19	4	0,19	1,00
65	0,30	14	0,3	1,00
66	0,88	10	0,88	1,00
67	1,31	15	1,31	1,00
68	0,74	12	0,74	1,00
69	0,29	18	0,292	0,99
70	0,69	14	0,69	1,00
71	0,55	11	0,55	1,00
72	0,43	15	0,43	1,00
73	0,50	12	0,5	1,00
74	0,47	6	0,47	1,00
75	0,51	28	0,82	0,62
	0,82			1,00
	0,69			0,84
	0,24			0,29
76	0,81	12	0,81	1,00
77	0,37	40	0,37	1,00
78	0,43	8	0,43	1,00
79	0,56	3	0,56	1,00
80	0,67	3	0,67	1,00
81	0,44	4	0,44	1,00
82	1,06	6	1,06	1,00
83	0,78	3	0,78	1,00
84	0,27	8	0,27	1,00
85	0,55	8	0,55	1,00
86	0,45	6	0,45	1,00
87	1,18	60	1,18	1,00
	0,48			0,41
	0,41			0,35
	0,39			0,33
88	0,56	19	0,56	1,00
89	0,77	15	0,77	1,00
90	0,41	28	0,51	0,80
	0,46			0,90
	0,51			1,00
91	0,44	10	0,44	1,00
92	0,46	9	0,46	1,00
93	0,54	6	0,54	1,00
94	0,26	6	0,26	1,00
95	0,58	2,5	0,58	1,00

№	h, м	L, м	h <sub>max</sub>	h/h <sub>max</sub>
96	0,58	6	0,58	1,00
	0,38			0,66
97	0,43	14	0,43	1,00
98	0,55	16	0,55	1,00
99	0,78	5	0,78	1,00
100	0,56	9	0,56	1,00
101	0,46	7	0,46	1,00
				1,00
102	0,67	22	0,67	1,00
	0,31			0,46
103	0,56	6	0,56	1,00
104	0,25	8	0,25	1,00
105	0,36	11	0,36	1,00
106	0,55	10	0,55	1,00
107	0,33	15	0,33	1,00
108	0,60	5	0,6	1,00
109	0,74	12	0,74	1,00
110	0,50	4	0,5	1,00
111	0,26	5	0,26	1,00
112	0,42	13	0,42	1,00
113	0,94	35	0,94	1,00
	0,46			0,49
	0,29			0,31
114	0,51	20	0,51	1,00
115	0,79	19	0,97	0,81
	0,95			0,98
	0,97			1,00
116	1,09	13	1,09	1,00
117	0,23	6	0,23	1,00
118	0,23	16	0,73	0,32
	0,73			1,00
119	0,51	7	0,51	1,00
120	0,62	12	0,62	1,00
	0,39			0,63
	0,43			0,69
121	0,70	7	0,7	1,00
122	0,72	8	0,72	1,00
123	0,35	21	0,67	0,52
	0,40			0,60
	0,67			1,00
124	0,65	36	0,65	1,00
125	0,61	12	0,61	1,00
126	0,23	14	0,23	1,00
127	0,26	10	0,34	0,76
	0,34			1,00
128	0,69	35	0,69	1,00
129	0,58	20	0,7	0,83
	0,70			1,00
	0,47			0,67
130	0,54	20	0,54	1,00
	0,48			0,89

Гістограма поширення по висоті вивалів покрівлі пластів ПрАТ "Лисичанськвугілля"

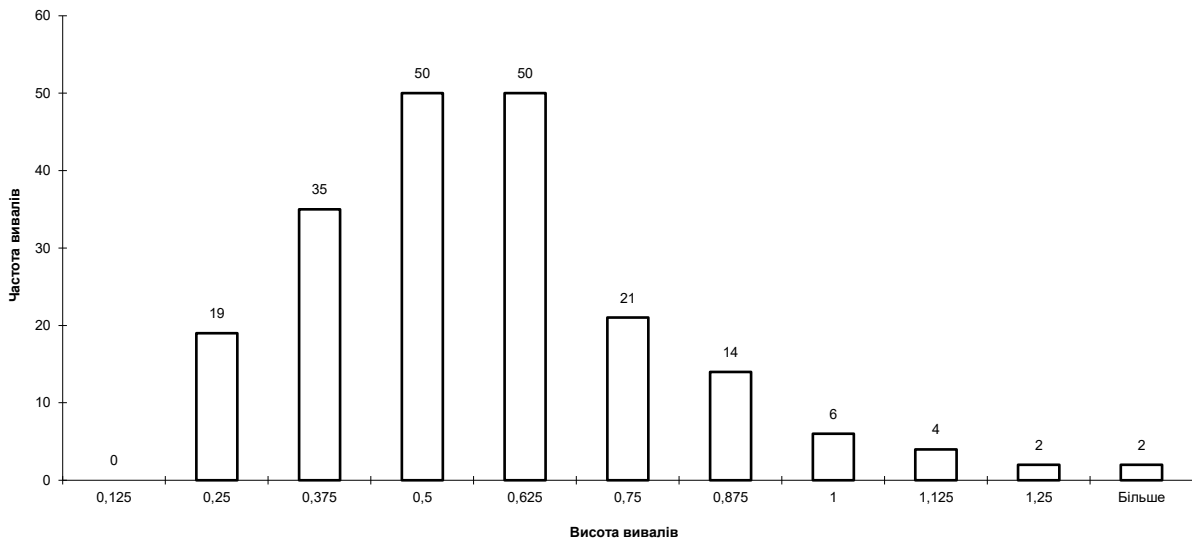


Рисунок 5.3 Поширення вивалів порід покрівель пластів ПАТ «Лисичанськвугілля» по висоті.

Гістограма поширення по довжині вивалів покрівель пластів ПрАТ "Лисичанськвугілля"

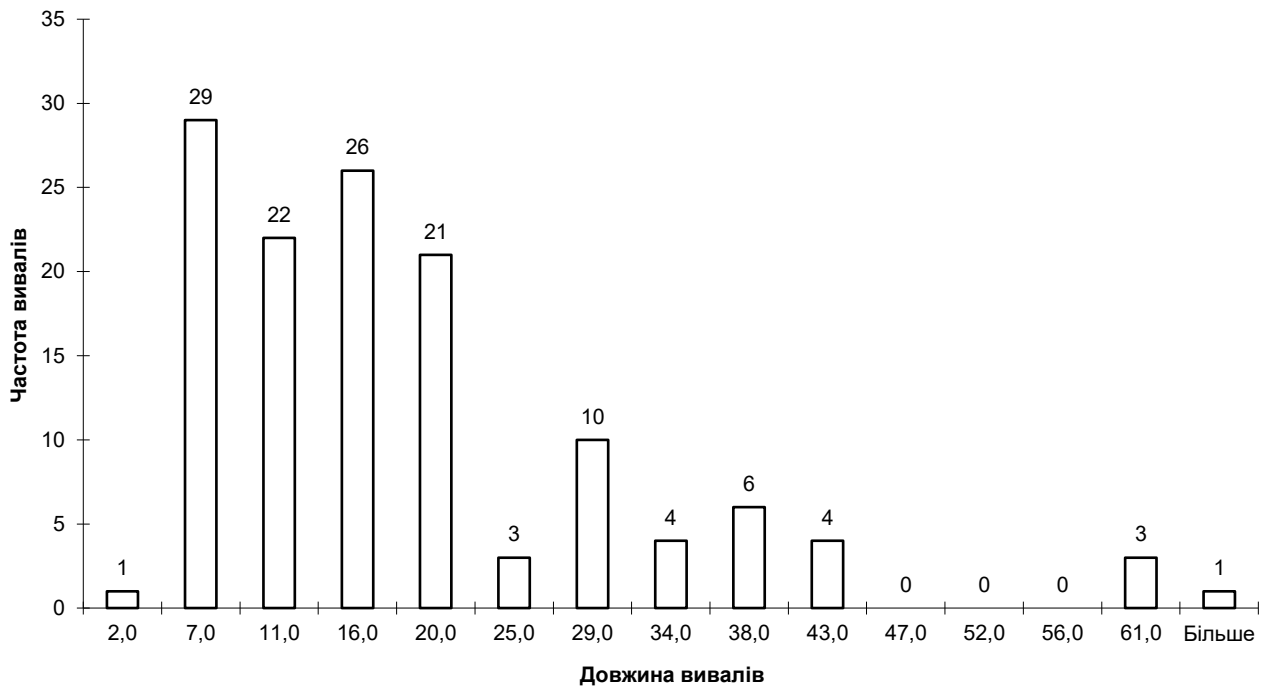


Рисунок 5.4 Поширення вивалів порід покрівель пластів ПАТ «Лисичанськвугілля» по довжині.

### 5.3 Характеристика скріплювальних складів

Карбамідні скріплювальні склади готуються на основі карбамідно-формальдегідних смол і затверджувача у вигляді розчинів ортофосфорної кислоти  $H_3PO_4$ , хлористого заліза  $FeCl_3$ , хлористого амонію або шавлевої кислоти  $HOOC-COOH$ .

Для зміцнення запропоновано використовувати переважно карбамідні смоли типів КФ-Ж і КФ-МТ, які мають найкращі адгезійні властивості по відношенню до гірських порід.

Карбамідні смоли є сиропно-подібними в'язкими рідинами ясно-жовтого кольору, затверджувачі мають вид кристалічних порошоків, що добре розчиняються у воді. Для промислових цілей випускаються водні розчини смол із змістом сухого залишку до 70%. Співвідношення розчинів карбамідних смол і затверджувача можна підбирати в достатньо широких діапазонах. При цьому необхідно враховувати, що збільшення кількості затверджувача прискорює терміни гелеутворення, а висока концентрація призводить до підвищення його крихкості, збільшення об'ємної усадки, зниження міцності адгезії складу до породи. При усадці продукт реакції (вода, формальдегід і ін.), що відщеплюється, приводить до зменшення загального об'єму продукту. Вода в замкнутому просторі тріщини, що виділяється в процесі поліконденсації, стає гідро-ізолятором, перешкоджаючим якісній адгезії складу до породи [8].

З метою поліпшення технологічних якостей карбамідних складів, підвищення їх адгезійної міцності і розширення області вживання розроблені рекомендації по їх модифікації ІГД ним. А.А. Скочинського, ПНІУІ, КНІУІ, ІОСУ АН КазССР, МГІ і іншими інститутами. Вони ґрунтуються на введенні в смоли добавок багатофункціональної дії – пластифікаторів, каталізаторів поліконденсації і затвердження полімерів, адсорбентів води і формальдегіду, спінюючих агентів, структурно-утворювачів, регулювальників процесу змішування, модифікаторів, що знижують токсичність композиції.

У порівнянні з ППУ - економічно вигідний для застосування.

Характеристика піно поліуретанових (ППУ) скріплювальних складів.

ППУ скріплювальні склади складаються з двох компонентів: поліефірної марки А-328 або А-329 (компонент А) та поліізоціанату марки Б, Д або Т (компонент Б). При змішуванні компонентів А і Б у співвідношенні 1:1 за обсягом або 1:1,2 за масою відбувається утворення пінополіуретану - жорсткої комірчастої пластмаси.

Компоненти ППУ скріплювального складу розрізняються за кольором: поліефірний – прозора рідина жовтого кольору, поліізоціанат – каламутна рідина темно-коричневого кольору.

Скріплювальний склад нормального затвердіння ППУ-328 включає поліефірний компонент А-328 і призначений для зміцнення сухих або слабо обводнених тріщинуватих (до 2 мм) порід та вугілля.

Тривалість реакції після змішування компонентів А-328 та поліізоціанату 10...15 хв., час затвердіння 90...120 хв., кратність спінювання - 3...5.

Скріплювальний склад прискореного затвердіння ППУ-329 включає поліефірний компонент А-329 та призначений для зміцнення порід з широким розкриттям тріщин (2-3 мм та більше).

Тривалість реакції після змішування компонента А-329 та поліізоціанату 2...4 хв., час затвердіння до 15 хв., кратність спінювання 2...3. Прискорене перебіг реакції призводить до швидкого тампонування великих тріщин масиву, що запобігає витіканню складу на оголену поверхню.

Склади на основі поліуретанів характеризуються високою адгезією до більшості матеріалів, що твердіють при кімнатній температурі. Проте мають токсичність і вимагають дотримання елементарних правил безпеки.

## 5.4 Організація робіт

Запропонований комбінований спосіб зміцнення порід нагнітанням хімічних сумішей передбачає наступне: в зонах вивалів або великого порушення масиву гірських порід бурять шпури і нагнітають суміш, що складається зі смоли і затверджувача. Хімічна суміш розповсюджується по тріщинах і скріплює породи в міцний масив.

Нагнітання хімічної суміші може здійснюватися однокомпонентним і двокомпонентним способами. При двокомпонентній – з'єднання і змішування відбувається в шпурі.

Таблиця 5.2 Параметри шпурів і нагнітання складів при зміцнюванні породи

Найменування	Параметри
Глибина шпурів, м	3 - 4
Кут нахилу до нашарування, градус	10 - 20
Відстань між шпурами, м	3 - 6
Витрата складу на шпур, кг	100 - 150
Тиск нагнітання, МПа	8 - 12
Подача, л/хв.	4 - 16

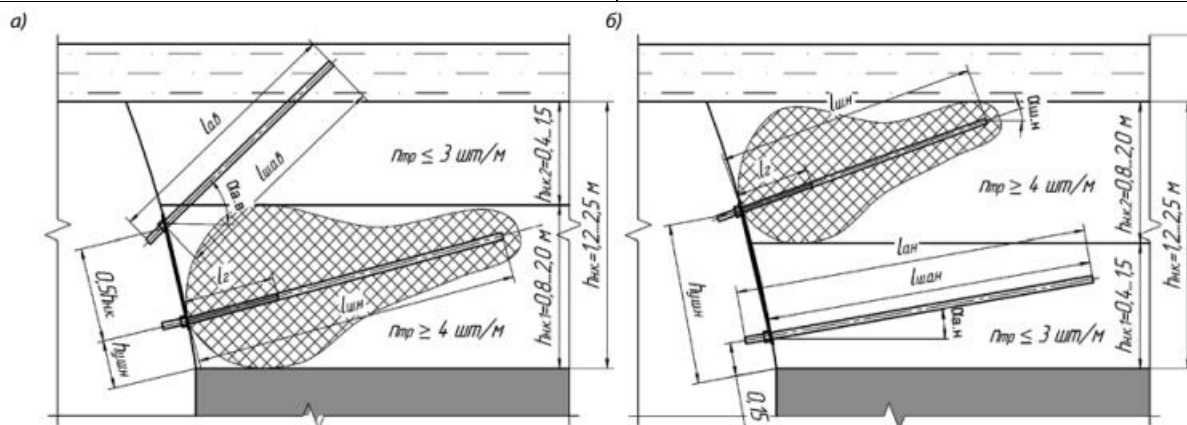


Рис. 5.5 Технологічна схема комбінованого зміцнення зі сполученням хімічного армування та нагнітання

Устя шпурів для зміцнення порід покрівлі рекомендується розташовувати поблизу лінії контакту пласта з покрівлею, а при зміцненні вугільного пласта - безпосередньо в зоні пачки, що зміцнюється. Шпури слід бурити за нормаллю



до простягання основної системи тріщин, прагнучи під сікнути максимальну їх кількість. Довжина шпурів має становити 3-4 м.

Схема (рис. 5.5 а) рекомендується при неоднорідній нестійкій покрівлі, коли в нижній частині інтенсивність тріщинуватості  $n_{тр} > 4$ , а у верхній  $n_{тр} < 4$  шт./м. У цьому випадку нижня частина покрівлі зміцнюється шляхом нагнітання складів, що скріплюють, а верхня - армуванням.

У разі коли нижня частина нестійкої покрівлі характеризується малою інтенсивністю тріщинуватості ( $n_{тр} < 4$  шт./м), а у верхній частині  $n_{тр} > 4$  шт./м рекомендується схема (рис. 5.5 б), в якій верхня частина зміцнюється шляхом нагнітання складів, а нижня армується.

Схема (рис. 8.1), в якій використано поєднання хімічне армування з набризгуванням скріплювальних складів на поверхню вивалу, може застосовуватися при однорідній нестійкій покрівлі потужністю  $h_{н.к} = 0,4-2,0$  м та  $n_{тр} \leq 4$  тр/м.

Процес нагнітання скріпного складу містить у собі наступні операції:

- буріння шпурів;
- монтаж системи;
- прокачування системи;
- монтаж змішувально-запірної апаратури;
- нагнітання;
- доставка матеріалів;
- демонтаж устаткування і промивання нагнітальної установки.

На період робіт зі зміцнення гірничого масиву на виймальній д

На період робіт зі зміцнення гірничого масиву на виймальній ділянці доцільно організувати бригаду в кількості чотирьох чоловік під керівництвом ІТР. Члени бригади повинні виконувати наступні роботи: один керує нагнітальною установкою; другий заливає компоненти складу у видаткові ємності і двоє робітників у зоні зміцнення герметизують шпури, підключають їх до магістралі, здійснюють контроль за ходом зміцнення.

До моменту початку нагнітання повинне бути пробурено не менш 2-х шпурів. Надалі роботи з буріння і нагнітання можуть вестися паралельно. Роботи зі зміцнення рекомендується виконувати в ремонтно-підготовчу зміну.

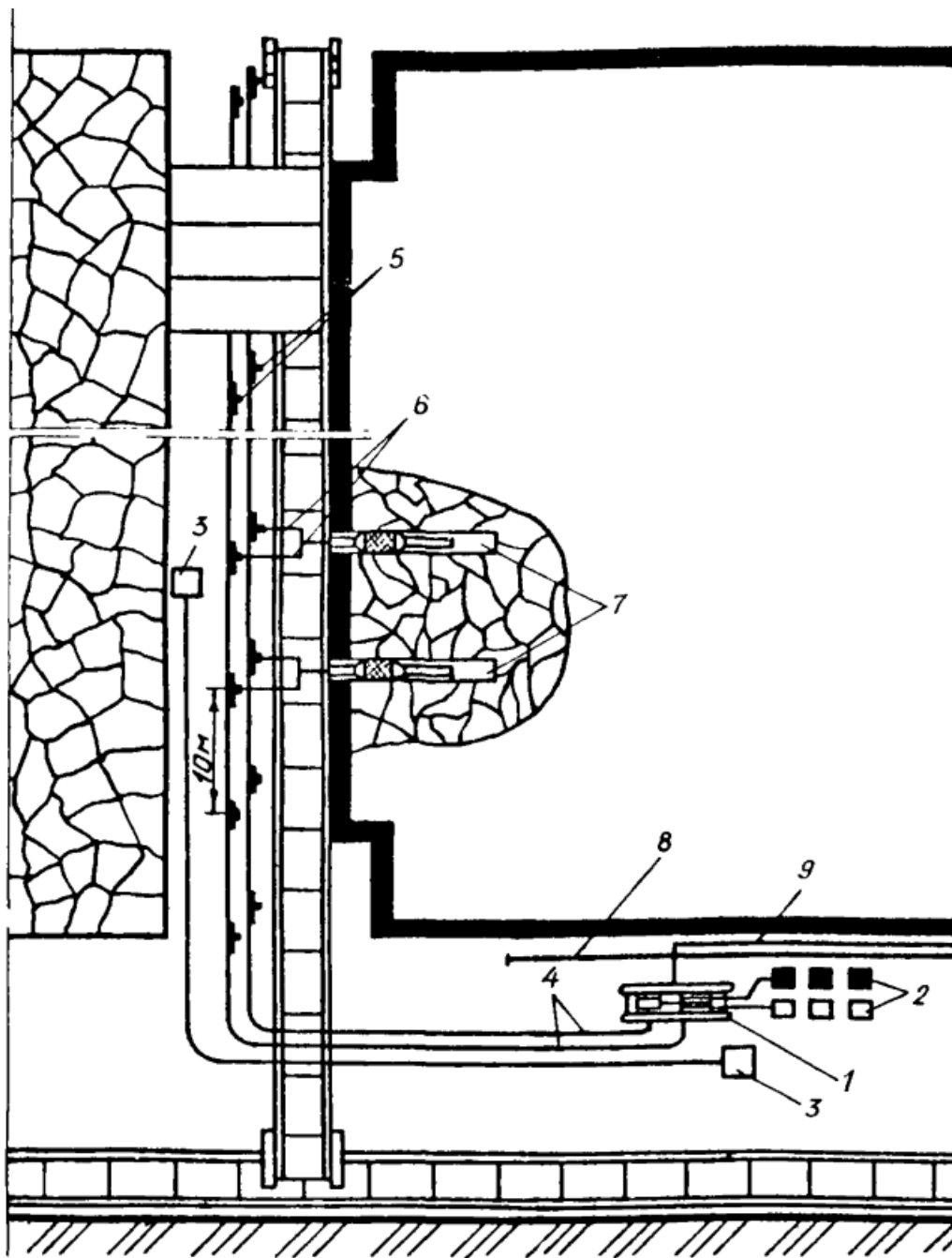


Рис. 5.6 Технологічна схема розміщення обладнання та розташування шпурів при укріпленні нестійкої покрівлі в забої

- 1 – нагнітальна установка; 2 – ємності з компонентами складу; 3 – телефон;  
 4 – високо-напірна магістраль; 5 – трійники з кранами; 6 – відвідні шланги;  
 7 – шпури; 8 – водонапірний став; 9 – магістраль підводу енергоносія.

## 5.5 Характеристика технічних засобів

Комплект технічних засобів, що застосовуються для зміцнення нестійких гірських порід та вугілля скріплювальним складом, складається з бурового обладнання, нагнітальної установки, високо-напірної шлангової магістралі та змішувально-запірної арматури.

Буріння шпурів здійснюється електро або пневмо-свердлом типів СЕР-19М, СР-3М, ЭРП-18Д2М, з підготовчих виробок – перфораторами або буровими верстатами типів БУ-1, СБУ-2М, УБШ-532, БС-1М. При цьому використовуються штанги з порідними чи вугільними різцями;  $\varnothing$  шпурів 42 мм.

Нагнітання скріплювальних складів в масив проводиться поршневыми установками: з пневмо приводом типу НАГУС-212.

Нагнітальна установка НАГУС 212 (рис. 5.7) складається з двох насосів поршневих 6, жорстко пов'язаних з поршнем пневмо-привода 3. Насос для подачі поліізоціанату на високо-напірній стороні має вихідний отвір діаметром 20 мм, насос для подачі поліефірного компонента має вихідний отвір меншого діаметра 16. Для всмоктування компонентів складу з витратних ємностей 9, 10 насоси укомплектовані гумовими шлангами 8 з фільтрами. На високо-напірній стороні насосів передбачені рециркуляційні крани 5 і 5\*, що дозволяють встановлювати два положення: "Нагнітання" та "Рециркуляція", та манометри для контролю тиску 12. При установці кранів у положення "Нагнітання" поліізоціанат або поліефірний компонент подається в магістраль, а положенні крана "Рециркуляція" - відповідний компонент циркулює по замкнутій системі "Витратна ємність - насос - рециркуляційний шланг - витратна ємність". Пнемо-привід забезпечений краном 17 для регулювання подачі повітря, блоком підготовки повітря 2 з фільтром для відділення вологи, що міститься в стиснутому повітрі та масло-розподільником.

Велика різноманітність вибору нагнітального устаткування з необхідними параметрами і різною ціною свідчить про те, що устаткування не є основним стримуючим чинником вживання зміцнення порід. Основним стримуючим чинником є дорожнеча поліуретанових скріплювальних складів.

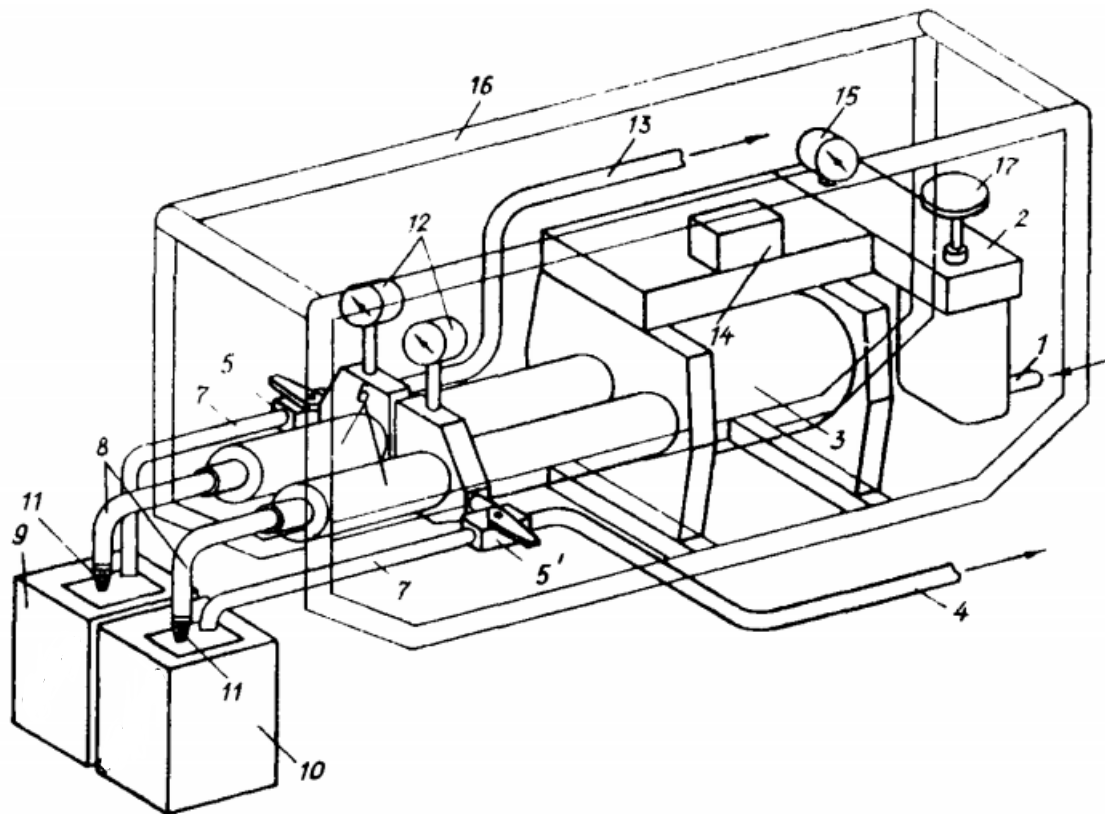


Рис. 5.7 Принципова схема нагнітальної установки НАГУС 212

4,13 – високо напірні шланги подачі компоненту; 9,10 – ємності для компонентів  
 7 – шланги циркуляції компонентів; 8 – всмоктувальні шланги; 16 – рама; 11 – фільтри  
 3 – пневмо привід установки; 5 – кран нагнітання; 15 – манометр тиску

Установка НАГУС містить 212 деталі з алюмінієвих сплавів.

Категорично забороняється транспортування та експлуатація установки при відкритому кожусі.

Насоси установок НАГУС 212 здійснюють вакуум-метричне всмоктування компонентів скріплювального складу з видаткових ємностей в об'ємному співвідношенні 1:1.

Після закінчення роботи з нагнітання для попередження заклинювання поршнів і плунжерів порожнини їх гідроциліндрів необхідно заповнити шахтолом або іншою рівноцінною олією.

Нагнітальні установки НАГУС 212 дозволяють забезпечувати роздільну подачу компонентів скріплювального складу на відстань до 300 м.

Високо напірна магістраль включає дві гнучкі високо напірні лінії і відвідні рукави (рис. 5.6). Кожна лінія магістралі складається з мірних рукавів довжиною 10 м, що з'єднуються між собою трійниковими та лінійними муфтами. Максимальна довжина високо напірної магістралі 300 м. На бічному відводі трійникової муфти встановлюється кран 5. При демонтажі отворів у муфтах закриваються заглушками. Елементи високо напірної магістралі мають швидко-роз'ємні з'єднання за допомогою скоб. Умовний прохід рукавів, якими подаються поліізоціанат і поліефір, дорівнює відповідно 20 і 16 мм.

Насос та елементи магістралі, призначені для нагнітання поліізоціанату, категорично забороняється використовувати для роботи з поліефірними компонентами. Це призводить до затвердіння складу в елементах магістралей та встановлення та виходу їх з ладу. Під час роботи з рукавами однакового діаметра їх слід маркувати.

Компоненти скріплювального складу подаються від магістралі до шпурів по відвідних шлангів завдовжки 10-14 м з умовним проходом 10 мм. Відвідні шланги під'єднуються до трійникових муфт з кранами.

Змішувально-запірна арматура складається з механічного герметизатора 11, подовжувальної 13 і 10 завантажувальної трубок, змішувача 9 статичного типу, ніпеля 8, кульових кранів 5, 5', 5'', трійника 3, і зворотних клапанів 7 і 12 (див. рис. 5.8). Кульовий кран 5' призначений для дублювання зворотного клапана 12.

Таблиця 5.3 Технічна характеристика нагнітальної установки

Найменування	Показники
Енергоносій	Стисле повітря тиском 0,3-0,6 МПа
Витрата енергоносія	До 2 м <sup>3</sup> /хв.
Тиск нагнітання (максимальний), МПа	16
Об'ємна подача (максимальна), л/хв.	8,5
Вага, кг	90
Габарити, мм	430*310*890

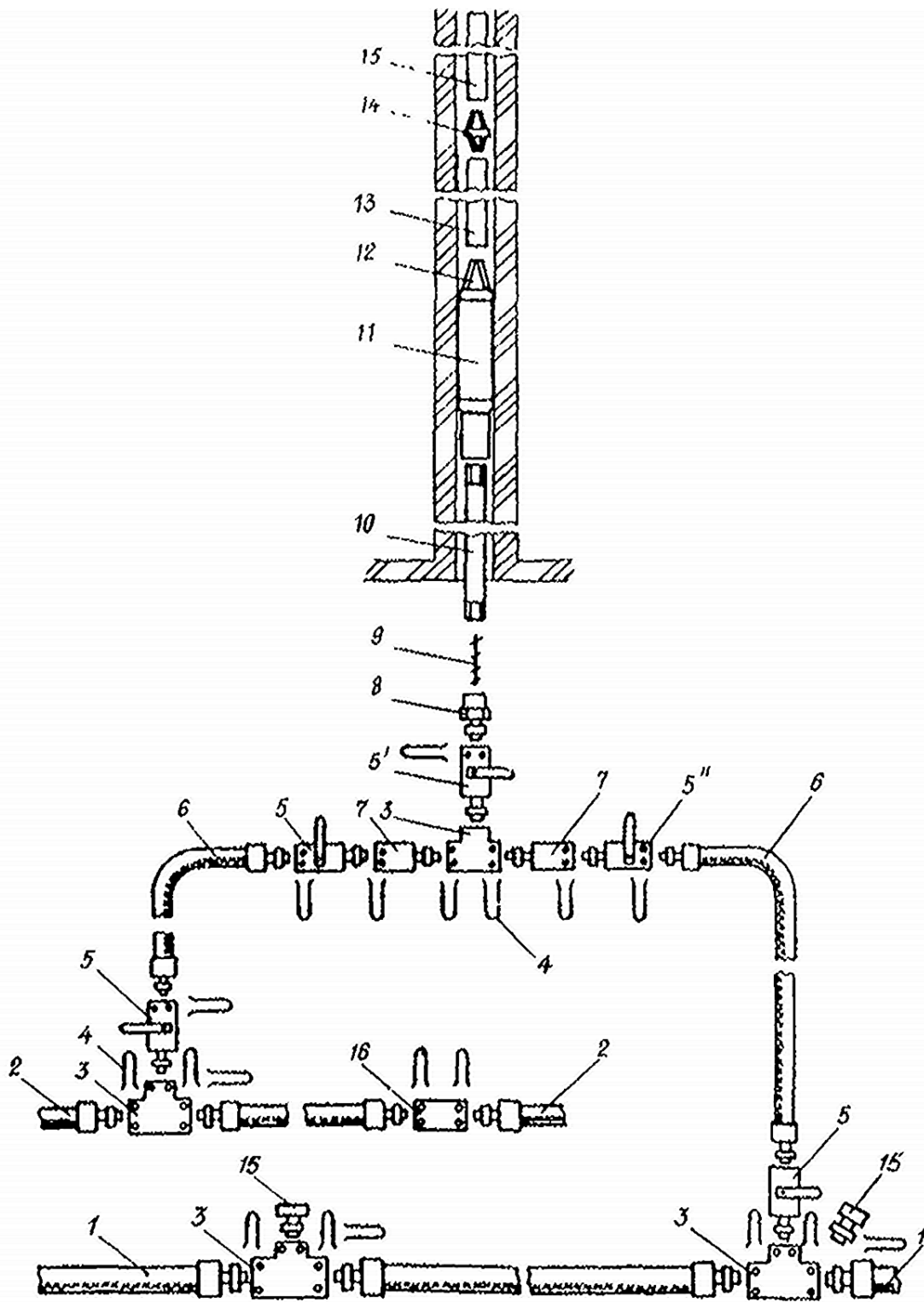


Рис. 5.8 Схема з'єднувальної запірної арматури у шпуру  
 1,2 – високо напірні рукави, 4 – з'єднувальні скоби, 6 – відвідні шланги  
 13 - здовжені трубки, 15 – заглушки, 16 – лінійна муфта

## 5.6 Геологічна характеристика зміцнення порід

Стосовно очисного вибою зміцненню підлягають породи, які втрачають свою здатність до установки кріплення.

Породи покрівлі очисних вибоїв поєднуються за двома ознаками:

- обвальність масиву над очисним виробленням;
- стійкість порід нижнього шару над очисним виробленням.

Схильність порід до обвалення характеризує саме друга ознака.

Кількісними критеріями другої ознаки служать висота нижнього шару і відстань між тріщинами. За існуючою класифікацією породи покрівлі цього класу поділено на п'ять категорій.

Перша категорія – дуже нестійкі породи, що обрушуються під час виїмки разом із вугіллям. Підтримка таких порід можлива лише з залишенням вугільної пачки або спеціальних заходів щодо їх зміцнення.

Друга категорія – нестійкі породи, що не утворюють стійких оголень. Для їх підтримки необхідно залишення пачки вугілля або зміцнення шару порід, що прилягає до вугілля.

Третя категорія – малостійкі породи типу глинистих, піщано-глинистих сланців, тонко плетчастих пісковиків та слабких вапняків. Чи здатні утворювати стійкі оголення. Зустрічаються у 25 % очисних вибоїв.

Четверта категорія – породи середньої стійкості (міцні глинисті, піщано-глинисті сланці та дрібнозернисті пісковики). Зустрічаються у 40 % очисних вибоїв. Найчастіше чергуються з породами третьої категорії. Відповідно, періодично потрібне проведення заходів щодо зміцнення покрівлі.

П'ята категорія – стійкі породи, 13 % очисних вибоїв. Іноді трапляються виходи порід меншої категорії.

Таким чином, орієнтовно 50 % очисних вибоїв мають місце породи, які вимагають зміцнення.

Характеристика порід що вміщують вугільний пласт  $\ell_6$  шахти «ім. Д.Ф. Мельникова» (запропонованого під укріплення нестійкої покрівлі в лаві).  
Безпосередня покрівля пласта представлена аргілітом чи алевролітом.

Характеристика аргіліту:

$$m = 3,0 - 7,0 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 4,0$$

малостійка БЗ

Характеристика алевроліту:

$$m = 0,0 - 1,5 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 4,0$$

малостійка БЗ (Б2).

Основна покрівля пласта представлена сланцями, пісковиками, вапняком АЗ.

Характеристика пісковіку:

$$m = 6,70 - 4,50 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 6$$

Безпосередня підшва пласта представлена аргілітом, алевролітом, пісковиком.

Характеристика аргіліту:

$$m = 0,0-1,5 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 3$$

середньо-стійкий П2.

Основна підшва пласта представлена алевролітом чи пісковиком.

Характеристика алевроліту:

$$m = 6,0 - 12,0 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 5$$

Характеристика пісковіку:

$$m = 7,0 - 2,0 \text{ м}$$

$$\text{міцність } f = 6$$

потужність пласта – 0,71-0,93 м; зольність – 37-46%

сірка – 1,8-2,3%; об'ємна вага – 1,33 т/м<sup>3</sup>





## 6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Умови застосування підбраного скріплювального складу.

Розроблений спосіб призначений для попередження обвалів у при вибійний простір сухих або слабо обводнених порід та вугілля шматками до 0,3

Скріплювальні склади не рекомендується застосовувати для зміцнення обводнених або низькотемпературних (нижче 13 °С) порід.

Економічно доцільно використовувати склад для зміцнення нестійких порід потужністю понад 1,0 м, а також для запобігання відтиску та висипу вугілля на потужних пластах.

Таблиця 6.1 Рекомендації застосування складів для зміцнення на шахтах

Найменування	Параметри
Категорія шахти по газу та пилу	Без обмежень
Температура повітря та масиву, °С	13+
Вологість повітря, %	До 100
Види скріплювальних порід	Будь-які, окрім небезпечних
Стан поверхні масиву	Сухі, вологі, пилові
Тріщинуватість масиву	Від рівномірно розвитою
Ступінь розкриву тріщин	0,1 та вище

Застосування скріплювальних складів для зміцнення вугільно-породних масивів можливе при витраті матеріалу не більше 1000 кг за зміну на одному робочому місці та повітрообміні не менше 300 м<sup>3</sup>/хв. при дотриманні заходів, викладених у "Санітарних правилах вугільної промисловості".

У разі зміцнення масиву з непорядкованою тріщинуватістю або при витіканні складу А на поверхню вироблення рекомендується чергувати застосування компонента складу А нормального А і прискороного затвердіння.

Приймання вихідної сировини на переробку та вхідний контроль.

Постачання компонентів А та поліізоціанату (компонент Б) може здійснюватися у герметично закритих сталевих та алюмінієвих бочках місткістю 200-250 л або у залізничних цистернах.

Кожна партія сировини, що поставляється, повинна прийматися споживачем на переробку тільки за наявності паспорта заводу-виготовлювача.

Розлив вихідної сировини (компонентів А та Б) у тару (спеціальні, герметично закриваються банки місткістю 20-40 л) проводиться на спеціально обладнаних ділянках (у цехах) після проведення вхідного контролю сировини та отримання висновку про відповідність якості продукції вимогам технічних умов (ТУ). При розливі поліізоціанату слід здійснювати його фільтрацію від осаду з метою забезпечення нормальної роботи нагнітальної установки.

У разі потрапляння поліізоціанату на ґрунт слід негайно засипати його піском і залити 5 відсотковим водним розчином аміаку. Роботи з прибирання розлитого продукту проводити при включеній вентиляції з застосуванням протигазу. У разі загоряння полум'я слід гасити пінним вогнегасником.

Вхідний контроль вихідної сировини (компонентів А та Б скріплювальних складів) проводиться співробітником хімічної лабораторії або іншою спеціально підготовленою особою відповідно до методик аналізу, викладених у ТУ на сировину.

Контролюються такі основні показники для компонентів А:

- зовнішній вигляд;
- гідроксильне число, мгДоН/г;
- умовна в'язкість при 25°C;
- технологічна проба;

для компонента Б (поліізоціанату) -

- зовнішній вигляд;
- масова частка ізоціанатних груп, %;
- кислотність у перерахуванні на хлористий водень, %;
- масова частка гідролізованого та іонного хлору, %;
- умовна в'язкість;
- масова частка нерозчинних, %;
- масова частка заліза.

Відбір проб для аналізу здійснюється відповідно до вимог ТУ.

Якщо компоненти складу не проходять стадію розливу в банки місткістю 20-40 л, а поставляються безпосередньо шахтам у ємностях заводу виготовлювача (у бочках), вхідний контроль сировини здійснюється за технологічною пробою, що передбачає визначення наступних параметрів:

- час старту, с.;
- час голе утворювання, с;
- час підйому, с;
- уявну щільність затверділого зразка пінополіуретану, г/см<sup>3</sup>.

Тільки після проведення випробувань з технологічної проби допускається спуск компонентів складу в шахту для проведення зміцнення.

Зберігання вихідної сировини.

Зберігання компонентів А та Б скріплювальних складів в умовах спеціалізованих підрозділів має здійснюватися відповідно до ТУ на ці компоненти.

При зберіганні компонентів складу безпосередньо на шахтах необхідно виконувати такі вимоги:

- забезпечувати температуру складських приміщень на рівні чи  $> 10^{\circ}\text{C}$ ;
- стежити за герметичністю ємностей, що містять компоненти складу, виключивши контакт компонентів (особливо поліізоціанату) з водою та вологою повітря.

Зберігання тривалий час поліізоціанату (компонента Б) в умовах знижених температур (нижче  $10^{\circ}\text{C}$ ) призводить до його кристалізації.

Застосування скріплювального складу з використанням закристилизованого поліізоціанату забороняється. Для переведення поліізоціанату у вихідний рідкий стан необхідний його попередній розігрів (на поверхні) до температури  $50-60^{\circ}\text{C}$ . Розігрів проводиться в термо шафі або поблизу нагрівального приладу в теплому приміщенні у присутності спеціалістів. Не допускається розігрів поліізоціанату до температури  $> 70^{\circ}\text{C}$ .



## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

1 Загальні вимоги в роботі зі скріплювальним складом.

1.1 Для ведення робіт зі зміцнення нестійких вугільно-породних масивів до паспорта кріплення необхідно скласти доповнення з приведенням ескізу зміцнюваної зони, зазначенням кількості шпурів, що призначається, їх глибини і розташування, кутів нахилу до площини пласта, місця розташування нагнітальної установки і ємностей з компонентами.

1.2 Для роботи з складами призначеному персоналу необхідно пройти медичну перевірку на професійну придатність. Протипоказанням для роботи зі складами є шкірні та алергічні захворювання, хронічні захворювання верхніх дихальних шляхів та слизової оболонки очей, інші хвороби (серця, нирок, печінки).

Особи, допущені до роботи з хімічними речовинами, повинні проходити обов'язковий медогляд один раз на шість місяців. У разі появи дерматиту чи кон'юнктивіту необхідно негайно звернутися до лікаря.

1.3 До роботи зі зміцнення порід та вугілля скріплювальними складами допускаються робітники та ІТП, які пройшли навчання за спеціальною програмою [9]. Повторний інструктаж щодо безпечних прийомів ведення робіт повинен проводитись через кожні шість місяців.

1.4 Кількість скріплювальних складів на місці виконання робіт не повинна перевищувати обсягу двозмінної переробки (2 т).

1.5 Місця тимчасового підземного складування компонентів ЛПЗ складів повинні бути включені до плану ліквідації аварії та плану підземного протипожежного захисту та нанесені на план гірничих виробок із зазначенням засобів протипожежного захисту.

1.6 Компоненти складу, що доставляють для роботи, повинні бути герметично закриті. Ємності зі складами біг необхідності не розкривати.

## 2 Санітарно-гігієнічні заходи.

Поліізоціанат марки П, Д або Т має загально-токсичну дію і здатний викликати порушення діяльності центральної нервової системи, особливо його вегетативного відділу, а також серцево-судинної системи. Пари поліізоціанату можуть викликати подразнення слизової оболонки, верхніх дихальних шляхів. При гострому отруєнні виникає бронхопневмонія, головний біль і біль у серці.

Компоненти складу мають меншу токсичність у порівнянні з поліізоціанатом. Однак при попаданні в організм вони можуть надати загально токсичні зміни в печінці та нирках без вираження норми отруєння. При роботі з компонентами необхідно виконувати такі вимоги:

2.1 Уникати вдихання парів, потрапляння компонентів на шкіру, очі, внутрішні орган.

Персонал, який виконує роботи з нагнітання скріплювальних складів, повинен бути забезпечений індивідуальними засобами захисту: грубошерстим або бавовняним костюмом, захисними окулярами та гумовими рукавичками. Перед початком робіт кисті рук покриваються захисним кремом або вазеліном.

2.2 У разі потрапляння поліізоціанату або компонентів складу на шкіру необхідно промити забруднене місце багатою кількістю води. При попаданні в очі або рот їх необхідно промити великою кількістю води або 2% розчином питної соди і звернутися до лікаря. Для виконання промивання на місці проведення робіт необхідно містити посудину з чистою водою або 2% розчином питної соди в кількості не менше 5 вітрів.

2.3 При появі ознак (отруєння, кашель, сльозотеча, скрутне дихання, блювання, млявість) необхідно вивести потерпілого із загазованої зони на свіже до струменя повітря і направити в медпункт.

2.4 У разі проточки поліізоціанату або компонентів складу на ґрунт вироблення їх необхідно насипати дрібною породою або вугіллям, зібрати в спеціальну герметичну тару і видати на поверхню.

2.5 Спецодяг, облиту поліізоціанатом або компонентами складу, необхідно дегазувати та випрати. Дегазацію проводити протягом доби 5...101-м водним розчином аміаку з додаванням рідкого миючого засобу.

2.6 У зв'язку з можливістю виникнення пожежі та розповсюдження її на ділянку утримання або застосування скріплювального складу, який внаслідок впливу полум'я може розкладатися з виділенням токсичних речовин, усі робітники видобувної ділянки мають бути забезпечені ізолюючими саморятувальниками.

2.7 У разі виникнення пожежі гасіння палаючих компонентів скріплювальних складів має здійснюватися звичайними засобами пожежогасіння. Для гасіння поліізоціанату, що горить, необхідно використовувати у великій кількості воду, що дозволяє нейтралізувати бурхливе тепловиділення.

### 3 Техніка безпеки ведення робіт.

3.1 Роботи з нагнітання складів дозволяється виконувати лише після перевірки відповідальною особою (гірським майстром) стану масиву та нагнітального обладнання.

3.2 При роботах у зоні нагнітання у разі потреби має бути встановлене тимчасове запобіжне кріплення.

3.3 Обслуговування персонал повинен знаходитися з боку вентиляційного струменя в 1,5-2,0 м від шпуру, в який проводиться нагнітання. Забороняється знаходитися навпроти шпуру, так як можливий викид герметизатора і скріплювального складу.

3.4 Під час нагнітання не можна перебувати в незахищеному кріпленням при вибійному просторі, оскільки можливі раптові обвалення порід та вугілля.

3.5 Допуск сторонніх осіб у зони нестійкого стану вугільно-породних масивів та до місця нагнітання скріплювальних складів забороняється.

3.6 Буріння шпурів, а також монтаж та демонтаж змішувально-запірної арматури слід проводити при непрацюючому забійному конвеєрі.



3.7 При нагнітанні необхідно спостерігати за зміною стану зміцнюваного масиву та гірничого вироблення. Шматки порід і вугілля, що відшаруються, слід оббирати.

Якщо з оголеної поверхні вугільно-породного масиву сталося рясне витікання скріплювального складу його необхідно негайно засипати породою і перешкодити доступу до забійного конвеєра.

Якщо склад потрапив у нижню гілка ланцюга конвеєра, його необхідно періодично прокачувати, щоб унеможливити приклеювання ланцюга до решток.

3.8 Роботи з нагнітання допускається виконувати тільки при справному нагнітальному устаткуванні. При порушенні герметичності системи подачі складу роботи слід припинити до повного усунення несправності.

3.9 Забороняється експлуатувати установку без манометрів контролю тиску в системах подачі енергоносія та нагнітання компонентів.

3.10 Нагнітання в кожний наступний шпур повинно здійснюватися в протилежному напрямку руху вентиляційного струменя.

3.11 Від'єднання відвідних шлангів від змішувально-запірної арматури та роз'єднання магістралі допускаються після повного зниження тиску в системі (до нуля).

3.12 Буріння шпурів здійснюється бурильниками з числа робітників очисного вибою. Процес зміцнення вугільно-породних масивів повинен бути організований таким чином, щоб до моменту початку нагнітання було пробурено але менше двох шпурів. Надалі буріння і нагнітання поєднуються в часі.

3.13 Роботи зі зміцнення нестійких гірських масивів н очисні та підготовчі виробки необхідно виконувати у ремонтно-підготовчу зміну, але за умови повного припинення основного процесу - видобутку вугілля або проведення виробітку, можлива площа зміцнення - 100...140 м<sup>2</sup> за зміну, кількість оброблюваних за зміну шпурів - 6...9 шт.

3.14 На період робіт зі зміцнення порід або вугільного масиву на ділянці виїмки рекомендується організувати бригаду в кількості не менше чотирьох осіб під керівництвом гірничого майстра.

#### 4 Програма навчання робочих технології укріплення.

4.1 Загальні відомості про технологію зміцнення порід нагнітання складів. Призначення та сфера застосування технології зміцнення складів, Технологічних операцій процесу зміцнення. Організація робіт під час нагнітання складів (2 години).

4.2 Устаткування нагнітання складів. Влаштування нагнітального обладнання, монтаж, обслуговування, ремонт та консервація обладнання, засоби герметизації шпурів (4 години).

4.3 Характеристика скріплювальних складів. Загальні відомості про компоненти скріплювального складу, призначення різних марок скріплювальних складів. Умови транспортування та зберігання компонентів складів. Перевірка придатності компонентів складу (2 години).

4.4 Технологія зміцнення порід покрівлі нагнітанням складів. Технологічні схеми зміцнення. Параметри технології зміцнення. Технологія нагнітання (25 годин).

4.5 Заходи безпеки при зміцненні покрівлі нагнітанням складів. Заходи безпеки при роботі з компонентами складу та обладнанням:

а) при нагнітанні;

б) під час виконання підготовчо-заклучних операцій.

## 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Витрата складу на 1 м вивалу вздовж лави визначимо за формулою:

$$V_c = 1,2 \cdot S_c \cdot 10^{-3} \cdot (h_{н.п} + 0,1) \cdot \rho_c \cdot b_{п} \text{ кг}$$

$$V_c = 1,2 \cdot 3,3 \cdot 0,001 \cdot (2,0 + 0,1) \cdot 1,5 \cdot 0,91 = 0,011 \text{ кг}$$

де:  $\rho_c$  - щільність складу, що наноситься на поверхню вивалу,  $\text{кг/м}^3$ ;

$h_{н.п}$  - середня потужність нестійкої покрівлі, м;

$S_c$  - товщина шару, що наноситься на поверхню, вивалу, мм.

$$S_c = (11 + 3 \cdot h_B) / \sigma_c^{\max} = (11 + 3 \cdot 0,8) / 4 = 3,3 \text{ мм}$$

де:  $h_B$  - висота вивалу 0,2-1,3 м;

$\sigma_c^{\max}$  - межа міцності на розтягнення затверділого вивалу складу, МПа;

$b_{п}$  - ширина полоси скріплювального складу, що наноситься, м.

$$b_{п} = 0,18 / h_{н.к} + 0,78 / n_{тр} + 0,086 \cdot \sigma_{сж}^{1/2} - n_{тр}^{-1} \geq 0,2 \text{ м}$$

$$b_{п} = 0,18 / 0,5 + 0,78 / 4 + 0,086 \cdot 50^{1/2} - 4^{-1} = 0,91 \text{ м}$$

Вартість складу укріплення 1000  $\text{м}^3$  вивалів покрівлі:

$$C_{укріп 1} = C_{склад} \cdot (V_{пор} \cdot V_{склад}) = 1,5 \cdot (1000 \cdot 19) = 28500 \text{ грн.}$$

$$C_{укріп 2} = C_{склад} \cdot (V_{пор} \cdot V_{склад}) = 7,5 \cdot (1000 \cdot 19) = 142500 \text{ грн.}$$

де  $C_{склад}$  – вартість 1 літру скріплювального складу, грн.

$V_{склад}$  – кількість карбамідного чи ППУ складу на 1  $\text{м}^3$  вивалу, л

$V_{пор}$  – кількість породи яка укріплюється,  $\text{м}^3$

Ефективність від підбору скріплювального складу:

$$E = C_{укріп 2} - C_{укріп 1} = 142500 - 28500 = 114000 \text{ грн.}$$

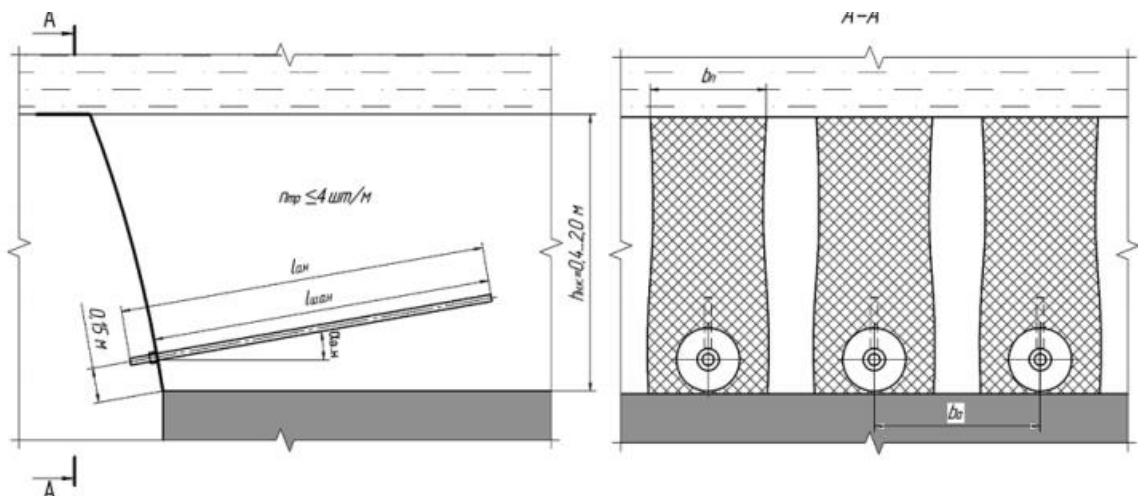


Рис. 8.1 Схема комбінованого укріплення покрівлі у лаві

Експлуатаційна зольність розраховується по формулі:

$$A_B^d = \frac{m_{\text{пл}} \cdot d_{\text{пл}} \cdot A_{\text{пл}}^d + h_{\text{н.п}} \cdot d_{\text{н.п}} \cdot A_{\text{н.п}}^d}{m_{\text{пл}} \cdot d_{\text{пл}} + h_{\text{н.п}} \cdot d_{\text{н.п}}}, \%$$

де  $m_{\text{пл}}$ ,  $d_{\text{пл}}$ ,  $A_{\text{пл}}^d$  - потужність (м), об'ємна маса (т/м<sup>3</sup>), зольність (%) пласт вугіл;  
 $h_{\text{н.п}}$ ,  $d_{\text{н.п}}$ ,  $A_{\text{н.п}}^d$  - потужність (м), об'ємна маса (т/м<sup>3</sup>), зольність (%) нест. порід.

На ділянці 1 ( $h_{\text{н.п}} = 0,0-1,5$  м) зольність складе:

$$A_B^d = \frac{0,93 \cdot 1,33 \cdot 11 + 0,75 \cdot 2,3 \cdot 60}{0,93 \cdot 1,33 + 0,75 \cdot 2,3} = 39,5 \%$$

На ділянці 2 ( $h_{\text{н.п}} = 1,5-3,0$  м) зольність складе:

$$A_B^d = \frac{0,93 \cdot 1,33 \cdot 11 + 2,2 \cdot 2,3 \cdot 60}{0,93 \cdot 1,33 + 2,2 \cdot 2,3} = 50,3 \%$$

Експлуатаційна зольність - до і після заходів зміцнення:

$$A_B^d = \frac{39,5 \cdot 70 + 50,3 \cdot 130}{200} = 46,5 \%$$

$$A_B^d = \frac{0,93 \cdot 1,33 \cdot 11 + 0,1 \cdot 1,3 \cdot 1,3 + 0,75 \cdot 2,3 \cdot 60}{0,93 \cdot 1,33 + 0,75 \cdot 2,3} = 39,5 \%$$

Економічний ефект від упровадження більш прогресивної технології:

$$E = [C_6 \cdot A_{\text{доб}} - (C_{\text{п}} \cdot A_{\text{доб}} + L \cdot h_{\text{н.п}} \cdot V_{\text{доб}} \cdot K \cdot C)] \cdot \frac{L_{\text{н.п}}}{V_{\text{доб}}}, \text{ грн.}$$

де  $C_{\text{п}}$  – собівартість 1 т вугілля при проектному варіанті, грн./т;

$C_6$  – собівартість 1 т вугіллі при базовому варіанті, грн./т ( $C_6 = 1,5 - 2,0 C_{\text{п}}$ );

$A_{\text{доб}}$  – добовий видобуток з лави т;

$L$  – довжина ділянки, на якій здійснюється нагнітання, м;

$h_{\text{н.п}}$  – потужність нестійких порід, м;

$V_{\text{доб}}$  – добове посування лави, м;

$K$  – втрата складу для зміцнення, т/м<sup>3</sup>;

$C$  – вартість 1 т хімічного складу, грн./т;

$L_{\text{н.п}}$  – довжина зони нестійких порід по посуванню лави, м.

$$E = [42 \cdot 800 - (28 \cdot 800 + 30 \cdot 1,5 \cdot 2,4 \cdot 0,01 \cdot 1500)] \cdot \frac{120}{2,4} = 479 \text{ тис. грн.}$$

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проаналізована така наукова пропозиція як, обґрунтування параметрів технології зміцнення покрівлі на ділянках лави шляхом визначення властивостей порушеного масиву, що забезпечує підвищення ефективності роботи лави при нестійкій покрівлі.

Основні наукові і практичні результати роботи зводяться до наступного:

1. В ході вивчення фільтраційних, міцностних властивостей покрівель лав вивчені кількісні залежності для визначення коефіцієнта проникності порушених покрівель на ділянках лави, що враховують міцність порід на розрив, довжину шпуру.

2. Проаналізовано область застосування і параметри комбінованого способу зміцнення покрівлі на ділянках лави: відстань між шпурами для нагнітання скріплювальних складів від 1 до 2 м, відстань між анкерами уздовж лави від 1,5 до 7,2 м, що в 2,5-12 разів більше, ніж при хімічному армуванні.

3. Проаналізовані аналітичні методи розрахунку потужності зміцнюваного хімічним складом шару покрівлі на ділянках лави, що враховують склад порід покрівлі, технологію виїмки вугілля і кріплення лави та розрахунку відстані між анкерами при комбінованому способі зміцнення порід.

4. Підібраний (проаналізовано випробування у шахтних умовах) скріплювальний склад для нагнітання в масив через шпури і для набризкування на поверхні оголеної покрівлі, на основі карбамідної смоли і полівінілацетатної дисперсії, вартість якого в 5 разів менша, ніж поліуретанового. Склад, мас. %: смола КФ-СОМТ або КФ-МТ-15 - 70,0; ПВА дисперсія - 29,5-29,0; щавлева кислота - 0,5-1,0.

5. Підібрані (проаналізовано випробування у шахтних умовах) комбінований спосіб зміцнення покрівель у лавах, нагнітальна установка для подачі в шпур компонентів хімічного складу.

6. Об'єм застосування зміцнення на ділянках лав шахти ім. Д.Ф. Мельникова складає ~ 30 % лав. Економічний ефект від упровадження більш прогресивної технології склав 479 тис. грн.

## АНОТАЦІЯ

Чумак М.М. Обґрунтування параметрів технології зміцнення нестійкої покрівлі в лавах ш. ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанськвугілля" – машинописний текст.

Дипломний проект на здобуття ступеня магістр за спеціальністю "184 – Гірництво". Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєверодонецьк, 2021.

Захищається дипломна робота, у якій дане рішення актуальної наукової задачі по обґрунтуванню параметрів технології зміцнення покрівлі на ділянках лави, заснованої на закономірностях структурно-механічних властивостей порушеного масиву і призначеної для підвищення ефективності роботи лави при нестійкій покрівлі.

Встановлено вплив на тріщинувату проникність покрівлі спереду очисного вибою міцності порід, глибини розробки та неоднорідності масиву. Приведено методики розрахунку товщини зміцненого хімічним складом шару покрівлі, необхідного для збереження її стійкості, та для розрахунку відстані між анкерами при комбінованому способі зміцнення.

Приведено методику визначення параметрів технології фізико-хімічного зміцнення покрівлі лав.

Ключові слова: лава, стійкість покрівлі, технологія хімічного зміцнення, тріщинувата проникність, смола, комбінований спосіб, економічна ефективність.

## АНОТАЦИЯ

Чумак М.М. Обоснование параметров технологии укрепления неустойчивой кровли в лавах ш. им. Д.Ф. Мельникова ПАТ "Лисичанскуголь" – машинописный текст.

Дипломный проект на получение степени магистр по специальности "184 – Горное дело". Восточно-украинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Северодонецк, 2021.

Защищается дипломная работа, в которой дано решение актуальной научной задачи по обоснованию параметров технологии укрепления кровли на участках лавы, основанной на закономерностях структурно-механических свойств нарушенного массива и предназначенной для повышения эффективности работы лавы при неустойчивой кровле.

Установлено влияние на трещинную проницаемость кровли спереди очистного забоя крепости пород, глубины разработки и неоднородности массива. Приведены методики расчета толщины упрочненного химическим составом слоя кровли, необходимого для сохранения ее устойчивости, и для расчета расстояния между анкерами при комбинированном способе упрочнения.

Приведена методика определения параметров технологии физико-химического укрепления кровли лавы.

Ключевые слова: лава, стойкость кровли, технология химического укрепления, трещинная проницаемость, смола, комбинированный способ, экономическая эффективность.

## ANNOTATION

Mikhail M. Chumak. A substantiation of parameters the technology for strengthening the unstable roof in lavas mine named after D.F. Melnikov PJSC "Lysychanskcoal" - typewritten text.

Diploma project for obtaining a master's degree in specialty "184 - Mining". Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, 2021.

A thesis is defended, in which a solution is given to an urgent scientific problem to substantiate the parameters of the technology for strengthening the roof in long wall sections, based on the regularities of the structural and mechanical properties of the disturbed massif and designed to increase the efficiency of long wall operation with an unstable roof.

The influence on the fracture permeability of the roof in front of the working face of the rock strength, the depth of development and the heterogeneity of the massif has been established. Methods for calculating the thickness of a chemically hardened roof layer necessary to maintain its stability and for calculating the distance between anchors in a combined strengthening method are presented.

The method for determining the parameters of the technology of physical and chemical strengthening of the roof of long walls is presented.

Key words: lava, roof durability, chemical strengthening technology, fracture permeability, resin, combined method, economic efficiency.



## ЛІТЕРАТУРА

01. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи (для здобувачів вищої освіти спеціальності 184 «Гірництво» освітнього ступеня магістр усіх форм навчання) (Електронне видання), Затверджено на засіданні кафедри ФВТ – Сєверодонецьк, 2021.
02. Шухова Т.С., Ручко Л.Н., Носов Ю.П., Попова В.И. Про використання розчинів на основі карбамідних смол для фізико-хімічного укріплення порід та вугілля: Збірник наукових праць «Наукові та технічні проблеми проведення гірничих виробок». ІГД ім. А.А. Скочинського, 1980, вик. 190. – 100 с.
03. Пятаченко А.А. Розробка параметрів укріплення покрівлі в лавах: Зб. наукових праць: Донбас, гірничо-метал. інститут, Алчевськ: ДГМІ, 1998.
04. Пятаченко А.А. Вдосконалення технології укріплення протяжних ділянок нестійкої покрівлі в лавах на шахтах Донбасу: Збірка наукових праць /Донбас гірничо-метал. інститут, Алчевськ: ДГМІ, 2000.
05. Клішин Н.К., Пятаченко А.А., Данилов А.А. Застосування комбінованого способу укріплення покрівлі в лавах об'єднання "Ровенькиантрацит"// Нові технології та обладнання гірн. робіт: Збірка наукових праць - К.: ІСІО, 1993.
06. Клішин Н.К., Пятаченко А.А., Рак Н.М. Вдосконалення технології укріплення покрівлі в лавах // Вугілля України. - 1988.
07. Клішин Н.К., Пятаченко А.А. Розрахунок потужності скріплювального шару покрівлі в лаві // Підземна розробка тонких та середньої потужності вугільних пластів: Збірка наукових праць, ТПП, Тула: 1991.
08. Полімерний склад для набризгу: А.с. 1437503, МКІ Е 21 D 20/00, Н.К.Клішин, А.А. Пятаченко, В.В. Васильєв, Г.А. Марченко, Н.И. Редченко.
09. Керівництво по укріпленню нестійких гірничих порід та вугілля нагнітанням пінополіуретанового складу. М.: Ін-т гірничої справи ім. А.А.Скочинського, 1988, 28 с.
10. Якобі О. Практика керування гірничим тиском. Пер. з нім. – М.: Надра, 1987. – 566 с.

11. Черняк И.Л., Ярунін С.А. Керування станом масиву гірничих порід: видання для вузів. М.: Надра, 1995. – 395 с.: іл.
12. Васильєв В.В., Левченко В.І. Технологія фізико-хімічного керування гірничих порід. – М.; Надра, 1991. – 267с.: іл.
13. Зміївська О.Р., Носова Т.С. Укріплення нестійких гірничих порід пластифікованими карбамідними смолами. Наукові повідомлення ІГД ім. А.А. Скочинського, вип. 223. М.,1983, с. 119-125.
14. Зміївська О.Р., Носова Т.С. Фізико-механічні властивості наповнених карбамідних складів для укріплення вугільно-породного масиву.: Зб. наук. праць «Наукові основи керування станом гірничого масиву», М.: ІГД ім. А.А. Скочинського, 1985, вип. 235.-135 с.
15. Модифікування хімічних складів для укріплення вугільно-породного масиву/ А.М. Мусін, М.М. Ямпольський, Л.А. Кричевський, З.Г. Акулова. – В кн.: Питання перспективного розвитку технології та засобів механізації розробки вугільних пластів Карагандинського басейна. КНІУІ, Караганда, 1985.
16. Яценко О.Е., Васильєв В.В., Кузьмін Е.В. Вплив волого поглинання гірничих порід на скріплювальні властивості карбамідних складів. Збірка наукових праць «Наукові основи керування станом гірничого масиву». – М.: ІГД ім. А.А. Скочинського, 1985, вып.235. с.39-43.
17. Давидов В.В., Белоусов Ю.И. Хімічний спосіб укріплення порід. – М.: Надра, 1977. – 228 с.
18. Васильєв В.В., Яценко О.Е. Методичні питання вибору хімічних складів для укріплення гірничих порід // Питання керування станом гірничого масиву: Наук. повід. / ІГД ім. А.А.Скочинського. – М.: Видавництво ІГД ім. А.А.Скочинського, 1984, вип. 224. – с. 87-92.
19. Пат. № 62738 України, МПК (2011) Е 21 D 21/02. Спосіб зміцнення нестійкої покрівлі в очисному вибою / О. Л. Кізіяров, С. І. Касьян. — u 2011 02245; заявлено 25.02.11; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.
20. Матеріали переддипломної практики.