

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА УПРАВЛІННЯ ГІРНИЧИМ ВИРОБНИЦТВОМ

Конспект лекцій з дисципліни
ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК
для студентів спеціальності 184 «Гірництво»

Покровськ 2020

УДК 622.26 (071)

Конспект лекцій з дисципліни «Технологія спорудження гірничих виробок» для студентів спеціальності 184 «Гірництво» / Укл.: Л. Л. Бачурін, Я. П. Бачуріна, О. О. Ісаєнков. – Покровськ: ДонНТУ, 2020. – 77 с.

Конспект містить основний матеріал лекцій з дисципліни «Технологія спорудження гірничих виробок» відповідно із затвердженою робочою програмою. Призначений для самостійної роботи студентів спеціальності 184 «Гірництво» при вивченні дисципліни.

Укладачі: Бачурін Леонід Леонідович, доц. каф. УГВ, к.т.н.
 Бачуріна Ярослава Павлівна, ст. викл. каф. УГВ
 Ісаєнков Олександр Олександрович, доцент. каф. УГВ

Рецензент: Подкопаєв Сергій Вікторович, проф., д.т.н.

Відповідальний за випуск: зав. каф. УГВ, проф., д. е. н. Ляшок Я. О.

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ
протокол № 12 від 30.06.2020 р.

Розглянуто на засіданні кафедри управління гірничим виробництвом № 10 від
20.05.2020 р.

ЗМІСТ

I. Загальні питання.....	4
Лекція 1. Спорудження гірничих виробок у гірничий промисловості	4
Лекція 2. Поняття про фізико-механічні властивості гірських порід. Гірничий тиск.....	5
Лекція 3. Форми і розміри поперечного перетину виробок	8
II. Кріплення гірничих виробок.....	13
Лекція 4. Способи забезпечення стійкості гірничих виробок і матеріали для гірничого кріплення	13
Лекція 5. Рамне кріплення горизонтальних гірничих виробок	16
Лекція 6. Суцільне кріплення горизонтальних гірничих виробок	19
Лекція 7. Анкерне кріплення.....	22
III. Проведення виробок	26
Лекція 8. Поняття про спорудження і проведення виробок. Способи і схеми будівництва виробок.....	26
Лекція 9. Проведення горизонтальних виробок в однорідних міцних породах. Буропідривні роботи	28
Лекція 10. Провітрювання тупикового вибою.	34
Лекція 11. Навантаження породи та привибійний транспорт	36
Лекція 12. Допоміжні роботи	41
Лекція 13. Зведення постійного кріплення.....	46
Лекція 14. Проведення горизонтальних гірничих виробок в однорідних м'яких породах.....	49
Лекція 15. Проведення горизонтальних виробок у неоднорідних породах	55
Лекція 16. Особливості будівництва похилих виробок	60
IV. Спеціальні питання спорудження гірничих виробок.....	63
Лекція 17. Спорудження вертикальних виробок.....	63
Лекція 18. Розсічка приствольного двора.....	68
Лекція 19. Проведення горизонтальних виробок у складних умовах	70

І. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

Лекція 1. СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК У ГІРНИЧИЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Дисципліна «Технологія спорудження гірничих виробок» спрямована на вивчення загальних положень проектування технологічних схем спорудження підземних гірничих виробок при будівництві та експлуатації гірничодобувних підприємств, які здійснюють розробку родовищ корисних копалин підземним способом.

Питання будівництва підземних споруд цивільного призначення розглядаються в рамках дисципліни «Будівництво підземних споруд та метро».

Для ознайомлення з історією розвитку способів проведення гірничих виробок рекомендується ознайомитись із працею [Криницький, 2003]¹.

Введення в дію нових шахт і рудників потребує виконання великого обсягу робіт із проведення вертикальних, горизонтальних і похилих підземних гірничих виробок, протяжність яких тільки на одному гірничому підприємстві сягає десятків кілометрів. Своєчасне відновлення фронту очисних робіт, стійке виконання планів по видобутку корисної копалини, ефективне використання гірничих машин і безпечне ведення гірничих робіт на діючих шахтах немислимі без успішного проведення *підготовчих* виробок, обсяги яких мають найбільшу долю у загальному комплексі підземних гірничих виробок.

Основними задачами в області гірничопрохідницьких робіт є:

- впровадження комплексної механізації;
- широке застосування способів проведення гірничих виробок при відсутності або малому числі людей;
- підвищення швидкості проведення виробок;
- підвищення продуктивності праці;
- зниження вартості проведення гірничих виробок;
- підвищення безпеки праці прохідників.

Мета курсу – одержати знання, необхідні для упорядкування проектів проведення і кріплення гірничих виробок і практичного їх здійснення при правильній і безпечній організації праці прохідників і робіт у цілому.

Курс базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Основи технології гірничого виробництва», «Механіка гірських порід», «Руйнування гірських порід вибухом».

¹ Криницький Л.М., Приходченко С.Д. О развитии и совершенствовании способов проведения горных выработок. Днепропетровск: Нац. горн. ун-т, 2003. 63 р.

Лекція 2. ПОНЯТТЯ ПРО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД. ГІРНИЧИЙ ТИСК

Механізація й організація робіт із проведення і кріплення гірничих виробок залежить від ряду факторів і в першу чергу від гірничо-геологічних умов залягання і фізико-механічних властивостей порід, положення виробок у просторі, їхньої форми і розмірів поперечного перетину.

Одним з основних факторів, що впливають на характер процесів, що відбуваються в масиві порід після проведення виробки, являються фізико-механічні властивості гірничих порід. Основні показники наступні.

Об'ємна вага сухої породи – відношення ваги твердих часток скелету абсолютно сухої породи до ваги води при 4°C, узятої в об'ємі породи (об'єм часток плюс об'єм пір), при даній пористості.

Об'ємна вага вологої породи – відношення ваги даного об'єму вологої породи до ваги води при 4°C, узятої в об'ємі породи (об'єм часток плюс об'єм пір), при даній пористості.

Питома вага породи – відношення ваги твердих часток скелета абсолютно сухої породи до ваги води при 4°C, узятої в об'ємі часток породи.

Пористість (шпаруватість) породи характеризується об'ємом всіх порожнин і тріщин у ній. Розрізняють некапілярну пористість при діаметрі порожнин більше 0,5 мм або ширині тріщин 0,25 мм і капілярну при менших розмірах пустот або тріщин.

Тріщинуватість пов'язана з умовами утворення порід або тектонічними процесами, що відбуваються у земній корі. Тріщини зменшують опір порід зовнішнім механічним впливам.

Властивість корисних копалин більш легко відокремлюватись від загальної маси за якимось одним або декільком напрямкам називається **кліважем**. Розрізняють кліваж по простяганням, по падінню і діагональний. Чітко виражений кліваж називають ясним, нечітко виражений – неясним.

Щільність залежить від пористості порід і визначається як відношення ваги породи (γ) до об'єму (m^3).

Пружність – здатність відновлювати свою первинну форму після зняття навантажень, що викликали деформацію. Породоутворюючі мінерали і тверді породи відносяться до пружно-крихких тіл і тільки при всебічному стисканні виявляють властивості пластичності. Пружні властивості породи залежать від пружних властивостей складових кристалів мінерального скелету.

Твердість характеризує здатність породи робити опір проникненню в неї іншого тіла. Ступінь твердості визначається дряпанням, шліфуванням, свердлінням та іншими методами.

В'язкість – опір породи силам, що намагаються роз'єднати її частки. Ступінь в'язкості визначається величиною сил зчеплення між частками породи і залежить

від складу і структури, форми і розмірів часток, складу і кількості цементуючої речовини і утримання вологи.

Абразивність – здатність порід зношувати інструмент, що контактує, в процесі тертя.

Пластичність – здатність породи під дією сил отримувати остаточні деформації без руйнування.

Крихкість – властивість порід відколюватись, ламатись або руйнуватись при статичному навантаженні без помітних остаточних деформацій. Аналогічна властивість руйнуватись при ударному навантаженні називається **ударною крихкістю**.

Реологічні властивості породи – властивості, що характеризують здатність породи деформуватись в часі (пластичність, повзучість та ін.).

Фізико-механічні властивості однойменних порід не являються постійними і залежать від умов залягання і геологічної історії порід. Основними факторами, що визначають фізико-механічні властивості порід, є такі:

1. Глибина залягання.
2. Тектоніка району.
3. Геологічний вік даної породи.
4. Вивітрювання.
5. Присутність води і її режим.

У гірничій справі в якості інтегральної характеристики міцності гірської породи використовують **коефіцієнт міцності по класифікації проф. М. М. Протодьяконова**, який характеризує «відносну» міцність породи і визначається по величині тимчасового опору цієї породи одновісному стисканні, приймаючи, що кожній одиниці міцності відповідає опір ≈ 10 МПа.

Гірничий тиск

Гірничий тиск – збиране поняття у гірничій геомеханіці, що поєднує сукупність силових полів (напружень), які формуються у земних надрах внаслідок природних та виробничих впливів. Головним збуджувачем гірничого тиску є гравітація. Додатковим – тектонічні процеси та виробничі дії з видобутку корисної копалини та будівництва підземних та наземних споруджень.

У недоторканому масиві, тобто до проведення виробки, гірські породи знаходяться в об'ємному рівноважному напруженому стані. Звичайно вважається, що напруження зумовлені тільки щільністю товщі порід, а масив умовно розглядається як однорідний та ізотропний. В переважній більшості умов вертикальна компонента напружень перебільшує горизонтальні, але в деяких районах земної кулі існує аномальний розподіл напружень, коли бокові напруження в 2–5 разів більше вертикальних завдяки тектонічним процесам.

Проведення підземних гірничих виробок викликає зміну напруженого стану порід, що існував до цього, і в контурі виробки виникає концентрація напружень,

що характеризується коефіцієнтом концентрації, який виражається відношенням значення напруження, що виникає після проведення виробки, до значення напруження, що існувала у тій же точці в недоторканому порідному масиві. Значення коефіцієнта концентрації може коливатися в широких межах. У звичайних умовах його значення коливається від 2 до 3 (рис. 1) - залежить від форми поперечного перетину виробки і міцності порід: біля кутів виробки концентрація напружень різко зростає, тому для її зменшення кути намагаються округлювати; відповідно ідеальна форма поперечного перетину виробки з точки зору зменшення концентрації напружень – круга.

Глибина зони концентрації напружень практично не перебільшує $(3-5) / (l - \text{найбільший лінійний розмір перетину виробки})$. При розташуванні в масиві зближених виробок виникає їх взаємний вплив, який викликає додаткову концентрацію напружень.

Характер проявів гірничого тиску залежить від співвідношення величини напружень і міцності масиву навколо виробки. Якщо напруження відносно високі, вони можуть викликати руйнування або пластичне деформування порід в певній зоні навколо виробки і для її нормальної експлуатації необхідно застосування гірничого кріплення (гл. 2). Величина напружень в зоні руйнування знижується і навколо неї виникає зона знижених напружень (непружних деформацій) (рис. 2). Зона максимальних напружень відсувається від контуру вглиб масиву. Зміщення контуру виробки, викликане пружними і neprужними деформаціями порід, може досягати декількох десятків і навіть сотень міліметрів.

Гірничий тиск може проявлятися в різних формах.

1. Пружне або пружно-в'язке зміщення порід без їх руйнування.

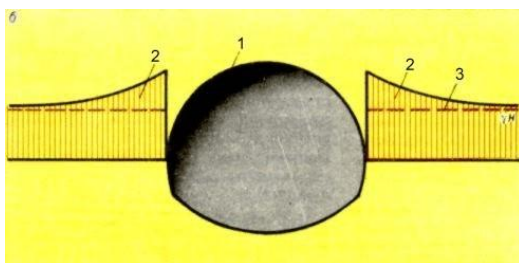


Рис. 1 – Розподіл напружень навколо виробки у ідеально пружному масиві:

1 – виробка; 2 – епюра напружень; 3 – рівень напружень у недоторканому масиві

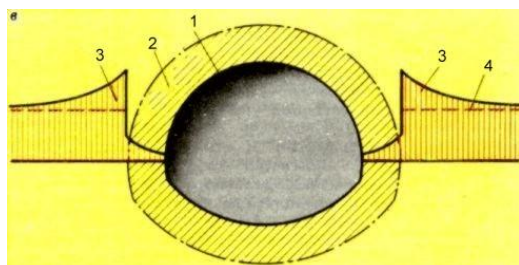


Рис. 2 – Розподіл напружень навколо виробки у пружно-пластичному масиві

1 – виробка; 2 – зона neprужних деформацій; 3 – епюра напружень; 4 – рівень напружень у недоторканому масиві

2. Вивалоутворення (місцеве або регулярне) в слабких, тріщинуватих та дрібношаруватих породах.
3. Руйнування і зміщення порід (в тому числі вивалоутворення) під впливом граничних напружень в масиві по усьому периметру перетину виробки або на окремих його ділянках.
4. Видавлювання порід у виробку внаслідок пластичної течії, в тому числі – з боку підшви (обдимання порід).

У підготовчих, а іноді і в капітальних виробках, що потрапляють в зони опорного² тиску, мають місце підвищені деформації порід, запобігти які майже неможливо. У таких випадках необхідно застосування **податливих конструкцій** кріплення.

Лекція 3. ФОРМИ І РОЗМІРИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕТИНУ ВИРОБОК

Форма поперечного перетину горизонтальних виробок встановлюється відповідно до фізико-механічних властивостей порід та стану порід, якими вони проводяться, величини та напрямку гірничого тиску, терміну служби та прийнятої конструкції кріплення.

Якщо виробку не кріплять, їй надається склепінна форма поперечного перетину, яка наближається до форми склепіння природної рівноваги.

Прямокутна форма найчастіше використовується при відсутності бокового тиску порід й у тих випадках, коли виробки кріпляться дерев'яним, штанговим або змішаним кріпленням (бетонні стінки і перекриття з металевих балок).

Трапецієподібне кріплення сприймає як вертикальний, так і боковий тиск. При цій формі виробки звичайно кріплять деревом, металом, збірним залізобетонном. Поширено при проведенні нарізних виробок.

Полігональна форма приймається у тому випадку, коли виробки кріплять залізобетонном, рідше – для посилення трапецієподібного дерев'яного кріплення.

Склепінну форму застосовують при кам'яному або бетонному кріпленні. При цьому склепіння буває трьохцентрове (коробкове) і півциркульне з прямолінійними або криволінійними стінками.

Аркове кріплення використовується за наявності вертикального і бокового тиску гірських порід. Звичайно виробки кріпляться металевими арками різних конструкцій.

Кругла форма найбільш підходить при наявності всебічного тиску. У цьому випадку виробки кріплять збірними залізобетонними елементами, бетоном або металевим кріпленням. Вуглеспускні свердловини можуть взагалі не кріпитися.

Перелічені форми поперечного перетину виробок використовують у всіх підготовчих і капітальних виробках з урахуванням впливу на них різних факторів.

² зони підвищеного тиску навколо виробленого простору виймальних діляниць

Розміри поперечного перетину виробки у світлі залежать головним чином від її призначення та зумовлюються габаритами рухомого складу або конвеєра, кількістю рейкових шляхів, зазорами між кріпленням та найбільш виступаючою частиною рухомого складу або конвеєра, способом переміщення людей та кількістю повітря, яке проходить виробкою.

При проектуванні поперечного перетину виробки у світлі необхідно враховувати запас на можливі усадки порід, що залежить від типу виробки, умов її підтримки і потужності пласта m . Наприклад, розмір запасу на осадку по висоті у відкаточних штреках і інших виробітках, що знаходяться в зоні впливу очисних робіт, приймається рівним (0,5—0,6) m , у виробках, проведених широким забоем, — (0,4—0,5) m .

У типових перетинах передбачена вертикальна податливість кріплення 300 mm і горизонтальна на рівні 1,8 m від підшви виробки — 230—290 mm . У виробках, закріплених податливим кріпленням, дуже важливо правильно установити запас на осадку, що може забезпечити її безремонтне підтримання на весь термін служби. Мінімальну висоту виробки вимірюють від рівня голівки рейок до внутрішньої поверхні кріплення, і вона повинна за *Правилами безпеки (ПБ)*³ дорівнювати 1,9 m у головних відкаточних і вентиляційних виробітках та 1,8 m у дільничних підготовчих виробітках.

Мінімальна ширина виробки складається з розмірів устаткування і необхідних зазорів (проходів) згідно *ПБ*.

Отримані значення мінімально необхідних висоти і ширини виробки порівнюють із типовими перетинами і вибирають найближче більше. Прийнятий перетин перевіряють на швидкість руху повітря по формулі:

$$V_{\min} \leq \frac{Q}{S_{\text{св}}} \leq V_{\max}, \quad (1)$$

де Q — кількість повітря, що поступає по виробці, m^3/c ;
 $S_{\text{св}}$ — прийнята площа перетину виробки у світлі, m^2 ;
 $V_{\min}$ — мінімальна швидкість повітря, що допускається *ПБ*; $V_{\min} = 0,25$ m/c ;
 $V_{\max}$ — максимально допустима швидкість повітря по виробці по *ПБ*.

Максимально допустима швидкість повітря по *ПБ* дорівнює:

- для капітальних виробок — 8 m/c ;
- для підготовчих виробок — 6 m/c ;
- для очисних виробок і підготовчих вибоїв — 4 m/c .

Якщо обраний перетин не задовольняє виразу (1), то береться наступне типове більше і повторюється розрахунок по формулі (1). І так доти, поки вираз (1) не буде істинним.

³ Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. Україна, 2014

Правила безпеки, розділ 3, п. 9. Поперечні перерізи гірничих виробок повинні відповідати типовим перерізам.

Площа поперечного перерізу горизонтальних і похилих гірничих виробок у світлі визначається розрахунком за факторами припустимої швидкості повітряного струменя (повітрювання), габаритів рухомого состава та обладнання з урахуванням мінімально припустимих зазорів, величини усадки кріплення після впливу гірничого тиску.

Вимоги до мінімальних розмірів поперечних перерізів виробок у світлі, ширини проходів для працівників і величини зазорів між кріпленням, обладнанням або трубопроводами і найбільш виступаючою кромкою габариту рухомого составу наведені в таблицах 1 і 2 додатка 2 до цих Правил.

Таблиця 2

Мінімальні площі поперечних перерізів горизонтальних і похилих виробок

Виробки	Мінімальна площа поперечного перерізу, м ²	Мінімальна висота від підшви (головки рейок) до кріплення або обладнання, м ²
1. Головні відкотні і вентиляційні виробки, людські хідники для механізованого перевезення	9,0	1,9
2. Дільничні вентиляційні, проміжні, конвеєрні та акумулювальні штреки, дільничні бремсберги й уклони	6,0	1,8
3. Вентиляційні просіки, печі, косовики та інші виробки	1,5	0,7
4. Дільничні виробки, що перебувають у зоні впливу очисних робіт, людські хідники, не призначені для механізованого перевезення людей	4,5	1,8
5. Головні відкотні та вентиляційні виробки, введені в дію до 1987 р.		
а) закріплені дерев'яним збірним, залізобетонним, металевим кріпленням	4,5	1,9
б) закріплені кам'яним, монолітним, залізобетонним, бетонним, гладкостінним збірним залізобетонним кріпленням	4,0	1,9
в) дільничні вентиляційні проміжні і конвеєрні штреки, людські хідники, дільничні бремсберги й уклони	3,7	1,8
6. Виробки, в яких є контактний провід:		
а) дільниці приствольних дворів, якими пересуваються люди до місця посадки у вагонетки	-	2,4
б) виробки, якими пересуваються люди, приствольні двори, майданчики посадочні та вантажно-розвантажувальні, сполучення з іншими виробками	-	2,2
в) виробки, якими здійснюється перевезення людей, за наявності окремих виробок (відділень) для пересування людей	-	2,0

Таблиця 2

Мінімальні розміри проходів для людей і зазорів у гірничих виробках

Виробки	Вид транспорту	Розташування	Мінімальний розмір, м		Примітка
			проходу	зазору	
1. Горизонтальні, похилі	Рейковий	Між кріпленням і составом поїзда	0,7	0,25	При дерев'яному, металевому та рамних конструкціях залізобетону і бетонному кріпленні
			0,7	0,2	При суцільному бетонному, кам'яному та залізобетонному кріпленні
			1,0	-	У місцях посадки людей в пасажирські вагонетки
		Між складами поїздів на паралельних коліях	-	0,2	При двобічній посадці прохід шириною 1,0 м робиться з двох боків
2. Горизонтальні, похилі	Конвеєрний	Між кріпленнями і конвеєром	0,7	0,4	
		Від верхньої виступаючої частини до верхняка	-	0,5	
		Від натяжних і приводних голів до верхняка	-	0,6	
3. Горизонтальні, похилі	Монорейковий	Між кріпленням і составом поїзда	0,7	0,2	При швидкості руху до 1 м/с
			0,85	0,3	При швидкості руху понад 1 м/с
		Між дном посудини або нижньою кромкою вантажу, що перевозиться, і підшвою виробки	-	0,4	
4. Похилі	Канатно-крісельні дороги	Між кріпленням і віссю канату	0,7	0,6	На висоті затискача підвіски
		Між сидінням канатно-крісельної дороги і підшвою виробки	-	>0,7	
5. Горизонтальні	Конвеєрний з рейковим	Між кріпленням і составом поїзда	0,7	-	
		Між кріпленням і конвеєром	-	0,4	
		Між составом і конвеєром	-	0,4	

Виробки	Вид транспорту	Розташування	Мінімальний розмір, м		Примітка
			проходу	зазору	
6. Похилі	Конвеєрний з рейковим	Між кріпленням і конвеєром	0,7	-	При проведенні зазначених виробок прохід допускається мати з боку состава поїзда
		Між кріпленням і составом поїзда	-	0,2-0,25	Відповідно до пункту 1 цієї таблиці
		Між конвеєром і составом поїзда	-	0,4	
7. Горизонтальні	Конвеєрний з монорейковими або грунтовими дорогами	Між кріпленням і составом поїзда	0,7	-	
		Між кріпленням і конвеєром	-	0,4	
		Між конвеєром і составом поїзда	-	0,4	
8. Горизонтальні, похилі	Монорейкова дорога, розташована над конвеєром	Між составом поїзда і конвеєром	-	0,5-0,6	Відповідно до пункту 2 цієї таблиці
9. Похилі	Канатно-крісельні дороги	Між віссю каната і конвеєра	-	1,0	
10. Виробки, що служать для пуску вугілля, породи або закладних матеріалів на відкотний горизонт самопливом і які мають два відділення або облаштовані металевими трубами	Пристрій для перепуску вугілля	Між кріпленням і відшивкою або металевими трубами	0,8	-	

Примітки:

1. На двоколієних ділянках виробок усіх приствольних дворів, в одноколієних приствольних виробках кільтьових стволів, зданих в експлуатацію в 1987 році і в наступні роки, і в тих, що проходяться, а також у всіх інших двоколієних виробках у місцях, де виконуються маневрові роботи, зчіплювання і розчіплювання вагонеток, перевантаження обладнання і матеріалів, біля стаціонарних навантажувальних пунктів продуктивністю 1000 т на добу і більше, біля транзитних перевантажувальних пунктів незалежно від продуктивності проходи для працівників обладнуються по 0,7 м з обох боків.
2. Ширина проходів для працівників і зазори мають бути витримані за висотою виробки, не меншою ніж 1,8 м від підлоги (тротуару). Проходи за всією довжиною виробки необхідно обладнувати, як правило, з одного боку. Не дозволяється влаштування проходів між коліями.
3. На ділянках закруглення виробок зазори та проходи для працівників повинні збільшуватися на 300 мм із зовнішнього боку та на 100 мм - із внутрішнього.

II. КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Лекція 4. СПОСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК І МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ГІРНИЧОГО КРІПЛЕННЯ

Під стійкістю оголень порід у гірничих виробках розуміють їх здатність протистояти проявам гірничого тиску не руйнуючись. У горизонтальних і похилих гірничих виробках такими оголеннями є покрівля, підшва і боки виробки, а у вертикальних виробках – стінки.

Стійкість виробок може бути забезпечена різноманітними методами:

- наданням поперечному перетину найбільш стійкої форми;
- застосуванням ефективних видів кріплення;
- раціональним розташуванням виробок одна щодо одної у масиві порід (у зоні несуттєвого впливу очисних робіт, у стійких породах, навхрест простягання);
- зниженням напружень у масиві порід навколо виробки шляхом її надробки, підробки, утворення розвантажувальних порожнин у боках або підшві;
- застосуванням способів проходки, що супроводжуються мінімальним ослабленням масиву порід навколо виробки (із використанням комбайнів);
- штучним зміцненням породного масиву (цементация, смолізация, силікатизация). При виборі способів забезпечення стійкості виробок необхідно прагнути до того, щоб витрати на її проведення були мінімальними.

Сприятливі геологічні умови і правильне застосування перерахованих методів дозволяє іноді проводити і підтримувати виробки без кріплення, проте в більшості випадків їх необхідно кріпити.

Гірниче кріплення

Гірничим кріпленням називають спеціальні конструкції, що будуються у підземних виробках для збереження необхідних розмірів їхнього поперечного перетину і запобігання вивалів навколишніх порід, а також для управління гірничим тиском.

Роботи із зведення, переустановлення, пересування і ремонту гірничого кріплення називають **кріпленням** гірничих виробок.

До гірничого кріплення пред'являють такі загальні **вимоги**:
виробничі:

- забезпечення робочого стану виробки і безпечних умов експлуатації впродовж всього терміну служби;
- можливість встановлення безпосередньо у вибою;
- відсутність перешкод виконанню виробничих процесів;

- мінімальний аеродинамічний опір;
- мінімальне заповнення площі поперечного перетину виробки;
- безпечність у пожежному відношенні;
- можливість механізованого зведення;
- можливість виготовлення або ремонту конструктивних елементів на поверхні;

технічні:

- міцність – здатність витримувати навантаження при збереженні напружень у допустимих межах;
- стійкість – здатність зберігати своє первісне положення після тривалого навантаження;
- жорсткість – здатність сприймати зовнішні навантаження без зміни форм і розмірів окремих елементів і конструкції кріплення в цілому;
- податливість – здатність змінювати форму і розміри під дією навантажень, без зниження здатності сприймати навантаження;
- мінімальна кількість типорозмірів елементів кріплення та їх взаємозамінність;

економічні:

- відповідність конструкції і матеріалу кріплення терміну служби виробки;
- мінімальна вартість кріплення і мінімальні витрати на його ремонт під час експлуатації виробки.

Гірничі кріплення розрізняють по ряду ознак:

1. **За видом матеріалу:** дерев'яне, металеве, кам'яне, бетонне, залізобетонне, полімерне, змішане.
2. **За конструкцією:** суцільне (бетонне, кам'яне), рамне (з окремих рам, каблучок, вінців встановлюваних врозбивку), безстоякове (штангове, анкерне), змішане.
3. **За характером роботи:** жорстке, податливе, шарнірне.
4. **За терміном служби:** тимчасове, постійне.
5. **За умовами роботи:** звичайне, спеціальне.

Матеріали для гірничого кріплення

Матеріали, що використовуються для виготовлення кріплення гірничих виробок, називають **кріпильними**.

В якості кріпильних матеріалів найбільш часто використовують дерево, метал, бетон і залізобетон, інколи – цеглу, пластбетон, вуглепласт, скловолокно та ін. Матеріал для гірничого кріплення обирають з урахуванням терміну служби виробки і умов роботи кріплення (величини навантаження і зміщень порід, обводненості виробки, хімічного складу підземних вод і т. п.).

Деревина має невелику щільність і значну стійкість до агресивних вод. Але вона недовговічна із-за гниття, небезпечна у пожежному відношенні, характеризується відносно невеликою міцністю й у природному виді має вигляд прямолінійних елементів.

Для виготовлення дерев'яного кріплення найбільше часто застосовують сосну (рідше – ялину, модрина, кедр, ялицю, дуб) тому що вона має порівняно високу міцність і прямолінійність стовбурів. У шахті використовується як круглий ліс – колоди, рудничні стояки, так і пиляний – шпали, розпили, брус, дошки обрізні і необрізні, обаполи.

Для виготовлення **металевого** кріплення переважно використовують сталь і чавун. Найбільше поширеним видом сталевого прокату для виготовлення кріплення в даний час є профіль СВП⁴, гідностями якого є: можливість виготовлення з нього кріплення, що працює як у жорсткому, так і в податливому режимах; гарна стійкість елементів кріплення не тільки при осьових, але і при кососпрямованих навантаженнях. В даний час випускають спецпрофілі СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27, СВП-33⁵.

Крім профілю СВП використовують профіль КГВ, двотаври, швелери, кутки, арматурну гладку сталь і періодичного профілю. Тюбінги виготовляють звичайно з сірого чавуну, а для особо складних умов із сталі (методами лиття або зварювання).

Для виготовлення штучних кам'яних матеріалів використовують різні **в'язкі речовини** – порошкоподібні матеріали, що утворюють при розчиненні водою пластичні маси, які у результаті фізико-хімічних процесів, що відбуваються при цьому, здатні твердіти, перетворюючись у штучний камінь. Найбільше поширеним є цемент, іноді використовуються синтетичні смоли.

Розчин – суміш в'язкого з дрібним заповнювачем, залита водою і перемішана. **Бетон** – штучний кам'яний матеріал, що містить в'язке, дрібний і крупний заповнювач і воду. У якості дрібного заповнювача використовують пісок, а в якості крупного – гравій або щебінь. Для гірничого кріплення застосовують бетон марок 100, 200, 300, 400, 500, 600, щільний (2,2—2,3 т/м³).

Бетон має невелику міцність на розтягування, але довговічний, вогнетривкий, здатен сприймати великі стискувальні зусилля і технологічний у зведенні.

Торкретбетон складається з цементу (до 750 кг/м³), піщано-гравійного заповнювача (з діаметром зерен до 5 мм) і води. Торкретбетон наносять прошарками товщиною 2—3 см за допомогою цемент-гармати. Тривкість, щільність, водонепроникність, зчеплення з породою й арматурою в торкретбетоні вище, ніж у звичайного.

⁴ СВП – «спеціальний взаємозамінний профіль»

⁵ наразі переважно використовуються профілі типорозмірів 22-33

Набризкбетон на відміну від торкретбетону містить більш крупний заповнювач (діаметром до 25 мм) і добавки, що прискорюють твердіння, вміст цементу не перебільшує 400—450 кг/м³. Наносять за допомогою пневматичної набризкмашини прошарками по 5—7 см.

Пластбетон – бетон, у якого в якості в'язкого – синтетичні смоли в комбінації з добавками. Характеризується високою тривкістю при стиску, розтягу, вигині, хімічною стійкістю проти агресивних вод, високою водонепроникністю.

Залізобетоном називають матеріал, у якому бетон і сталева арматура працюють спільно. Завдяки цьому залізобетонні конструкції спроможні витримувати значні навантаження.

Штучні камені. Для кріплення застосовуються стандартні цеглини і бетонні камені (бетоніти). Цеглина застосовується середньообпалена марок 150 і 175. Щільність кладки в середньому 1,8 т/м³. Бетоніт виготовляється зі звичайного або силікатного бетону, а також із доменних шлаків.

Лекція 5. РАМНЕ КРІПЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Дерев'яне кріплення (рис. 3). Недоліками такого кріплення є недовговічність, горючість, схильність до загнивання і невелика абсолютна міцність. Основним видом дерев'яного кріплення в горизонтальних виробках є кріпильна рама, що складається з верхняка і двох стійків. Таку раму називають неповною (а, в, г). Кріпильні рами звичайно бувають трапецієподібної форми (а, б), рідше прямокутної (в), а в окремих випадках у вигляді неправильної трапеції (г).

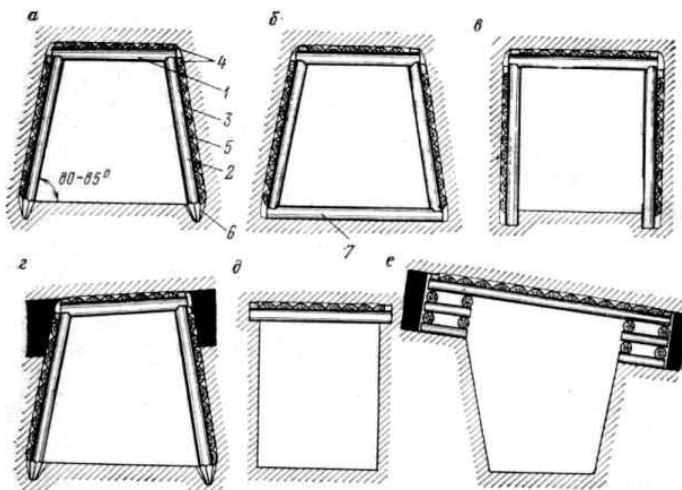


Рис. 3 – Дерев'яне кріплення

1 – верхняк, 2 – стійка, 3 – затяжка, 4 – клини, 5 – лунка для стояки, 6 – лежень

Дерев'яне кріплення доцільно застосовувати там, де за термін служби виробки не буде потрібно суттєвих ремонтів і перекріплень, тобто при терміні служби не більш 2—3-х років.

Елементи рам виготовляють із круглого лісу діаметром 16—32 см. Кріпильні рами встановлюють суцільно одна до одної (суцільне рамне кріплення) або на відстані в осях 0,5—1,2 м (кріплення врозбивку). у останньому випадку покрівлю і боки виробки затягують обополами або дошками.

Звичайні кріпильні рами вважаються жорстким кріпленням. Неповним рамам можна надати вертикальну податливість до 10—12 см загострюванням кінців стояків по формі конуса або клина. При певному навантаженні на раму загострена частина стояків зминається і рама опускається.

При значному гірничому тиску кріпильні рами посилюються або за допомогою середньої стояки або стропильними чотирьох – восьмигранними конструкціями.

При кутах нахилу виробки до 15—20° застосовують звичайні трапецієподібні кріпильні рами. Між рамами в замків ставлять дерев'яні розпірки, що з'єднуються з верхняками рам металевими скобами.

При кутах нахилу 20—45° застосовують прямокутні кріпильні рами, із з'єднанням елементів у лапу і розпірками між рамами поверху і понизу. При кутах нахилу більш 30° установлюють повні кріпильні рами, через небезпеку сповзання порід підлоги виробки.

При кутах нахилу більш 45° виробки кріплять вінцевим кріпленням так само, як і вертикальні виробки. Для утримання кріплення від здвигки униз через кожні 3—5 метрів встановлюють опорні рами, що мають подовжені верхняки і лежні, кінці яких заводять у бічні породи на глибину 0,5—0,7м.

Металеве кріплення. Металеве кріплення унаслідок високої його міцності, довговічності, вогнестійкості і можливості повторного використання широко застосовують у капітальних і підготовчих виробках у вигляді арок, трапецієподібних діжцеподібних рам і кілець, що можуть бути жорсткими (рис. 4), податливими (рис. 5) і шарнірними.

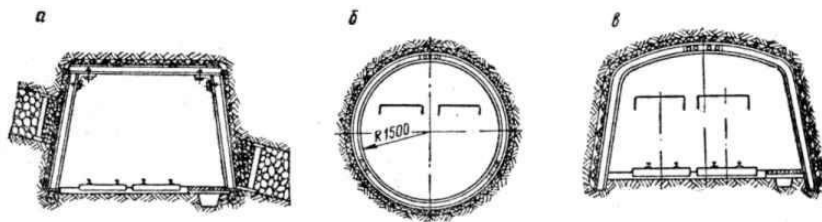
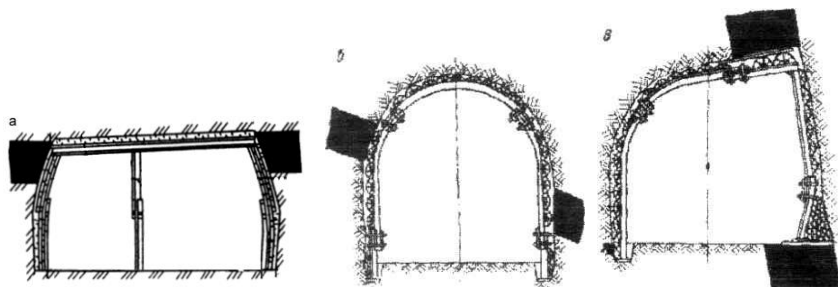


Рис. 4 – Металеве жорстке кріплення

Трапецієподібні металеві рами відносяться до жорсткого кріплення і застосовуються у виробках із значним терміном служби (більше 3—5 років).

Трапецієподібні металеві рами застосовують у виробках із терміном служби від 3 до 10 років при стійкому гірничому тиску. Елементи трапецієподібних рам виготовляють із двотаврових балок № 16—17. З'єднання верхняка зі стояками здійснюють за допомогою накладок або спеціальних башмаків. Гідностями металевого трапецієподібного кріплення є простота виготовлення й установки. Недоліками є відсутність податливості, і менша несуча спроможність елементів кріплення, чим в аркових конструкціях.



*Рис. 5 – Металеve податливе кріплення
а – трапецієподібне (посилене), б – аркове, в – комбіноване*

Аркове кріплення виконується у вигляді жорстких, шарнірних або податливих конструкцій. Жорстке кріплення виготовляється у вигляді двохшарнірної арки із двотавру №14—20, із залізничних та рудничних рейок і звичайно складається з двох піварок, що поєднуються у замку за допомогою металевих накладок і болтів.

Найбільш поширене аркове податливе трьохланкове кріплення КМП-А3 зі спецпрофілю СВП, що складається з 3-х елементів: верхнього сегмента, обкресленого одним радіусом, і 2-х бічних елементів, криволінійних по всій довжині або що мають прямолінійну ділянку (рис. 6). Елементи арки з'єднують внахлест і стягують двома хомутами. Арки звичайно встановлюють через 0,5—1,0 м і з'єднують між собою в 3-х місцях міжрамними стяжками (розстрілами). Податливість кріплення обумовлюється ковзанням елементів у вузлах їхніх сполучень після того, як зовнішнє навантаження перебільшує сили тертя. У трьохланкового кріплення вертикальна податливість досягає 300—350 мм.

В умовах, коли необхідно забезпечити більшу податливість, використовуються п'ятиланкове аркове кріплення КМП-А5 з податливістю до 1000 мм, яка досягається за рахунок використання додаткових стояків.

Для забезпечення стійкості у подовжньому напрямку між рамами, арками або кільцями кріплення обов'язково повинні встановлюватись дерев'яні або металеві розпірки в кількості не менше двох на кожний елемент. Іноді дерев'яні розпірки встановлюють суцільно, тоді вони виконують роль звичайної з'яжки.

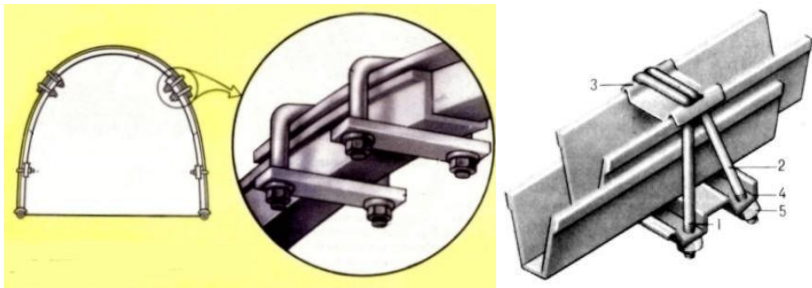


Рис. 6 – Конструкція аркового металевого податливого кріплення; замок 1, 2 – скоба, 3 – верхня планка, 4 – нижня планка, 5 – гайка

При кутах нахилу до 30° металеве кріплення має ті ж конструктивні форми, що й у горизонтальних виробках. При кутах нахилу більш 30° металеве кріплення застосовують рідко, а якщо і застосовують, то рами повинні бути замкнутої конструкції.

Лекція 6. Суцільне кріплення горизонтальних гірничих виробок

Кам'яне і бетонне кріплення застосовують для кріплення виробок із великим терміном служби і при значному гірничому тиску поза зоною впливу очисних робіт (рис. 7). Бетоном і каменем кріплять переважно основні виробки приствольного двора, камери, квершлаг, польові штреки.

У якості основної форми застосовують склепінну з прямолінійними або (при значному боковому тиску) криволінійними стінами. Кріплення складається із фундаментів, стін і склепіння. Фундаменти являють собою частину стін, що розташовується нижче рівня поверхні підосви, та мають глибину: з боку водовідливної канавки 500, з іншого боку 250 мм. Товщина бетонного кріплення приймається в залежності від розмірів поперечного перетину виробки у світлі і міцності порід. В практиці гірничих робіт товщина бетонного кріплення звичайно знаходиться в діапазоні 150—500 мм.

В породах, схильних до здимання, бетонному кріпленню надають замкнуту форму у вигляді конструкції із зворотнім склепінням і кільцевої.

Кам'яне кріплення зводиться зі штучних каменів на цементно-піщовому розчині. При значному гірничому тиску і зсуві порід застосовують податливе кам'яне кріплення, що будується з литих каменів з укладкою між ними пружних прокладок. В загальному обсязі кріплення кам'яне кріплення є мало поширеним, оскільки для його зведення необхідна цеглина особливої якості (звичайні цеглини швидко розмокають і руйнуються), а також із-за високої трудомісткості зведення. Те ж стосується і кріплення із бетонних блоків (бетонітів).

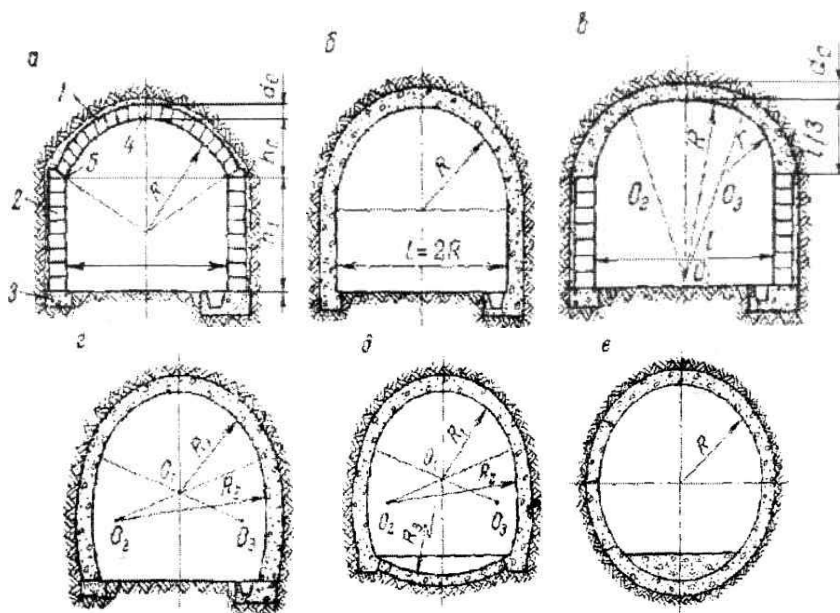


Рис. 7 – Конструкції кам'яного та бетонного кріплення

а – кам'яне, б, г – бетонне, в – змішане;

1 – склепіння; 2 – стіни; 3 – фундаменти; 4 – замок; 5 – п'ята.

Гідністю кам'яного кріплення є його здатність сприймати гірничий тиск відразу після зведення, що визначає його застосування при швидкому розвитку гірничого тиску. Недоліки – значна трудомісткість робіт із зведення кріплення, наявність швів, що знижують міцність і монолітність кріплення.

Бетонне монолітне кріплення характеризується більшою міцністю в порівнянні з кам'яним і кращим приляганням до породи. Крім того, її зведення можна цілком механізувати, що різко підвищує продуктивність праці і знижує трудомісткість і вартість робіт.

Оскільки звичайне бетонне кріплення добре сприймає лише стискаюче навантаження, у найбільше відповідальних капітальних виробках або їхніх ділянках при великих навантаженнях, особливо нерівномірних, застосовують **монолітне залізобетонне кріплення**, яке завдяки арматурному посиленню здатне сприймати також розтягуючі і зсувові навантаження.

При зведенні монолітного залізобетонної кріплення гірничих виробок застосовують гнучку, жорстку і змішану арматуру. Гідність монолітного залізобетонного кріплення полягає у великій несучій здатності, монолітності, гарному приляганні

до навикишніх порід і можливості застосування при різноманітній формі поперечного перетину виробок. Водночас таке кріплення характеризується великою трудомісткістю в зведенні і витратою значної кількості металу.

При кутах нахилу до 15° виробки кріплять так само, як і горизонтальні. При кутах нахилу від 15° до 45° фундаменти повинні мати горизонтальну підшву, для чого їх роблять східчастої форми з висотою щаблів 0,4—1 м. Кладку кам'яного кріплення ведуть горизонтальними рядами. При кутах нахилу від 45° до 75° застосовують кріплення кільцевої і склепінної форми з оберненим склепінням. У цьому випадку через 10—20 м по довжині виробки встановлюють опорного вінця по всьому контурі виробки. При кутах нахилу більш 75° виробки кріплять так само, як вертикальні стволи.

Збірне залізобетонне кріплення застосовується у виробках різноманітної форми поперечного перетину із терміном служби більше 3—5 років при сталому гірничому тиску і при стійких гірських породах. Буває жорстким і податливим. Елементи його виготовляють із звичайного або попередньо напруженого залізобетону. У конструктивному відношенні кріплення зі збірного залізобетону можна розділити на два типи: рамне, встановлюване в розбивку із затяжками і панельне суцільне, що збирається з плит, блоків і тюбінгів. Вагу елементів кріплення першого типу звичайно приймають не більш 100—120 кг для можливості їхнього зведення вручну або з застосуванням легких укладачів кріплення. Елементи панельного типу кріплення мають велику вагу і для його зведення звичайно застосовують укладачі кріплення важкого типу.

Змішаним називають кріплення, основні несучі елементи якого виконують із 2-х або більш видів матеріалів. Металеві верхняки або 3-х шарнірні арки застосовують у поєднанні з дерев'яні стояками при відносно великих прольотах виробок і значному вертикальному тиску, але при невеликому терміні служби виробки.

У капітальних виробках при відсутності бічного тиску часто застосовують металеві верхняки з двотавру у поєднанні з вертикальними кам'яними стінами. Між металевими верхняками влаштовують невеликі бетонні або кам'яні склепіння, або цей простір затягують з/б затяжками. Застосовують також склепінне кріплення зі стінами з каменів і бетонним склепінням.

Певне поширення має кріплення із трубчастих залізобетонних стояків з металевими верхняками із двотаврових балок №16—20 або балок спеціального профілю. Верхняки можуть укладатись на стояки жорстко або підвішуватись шарнірно.

У сполученні із звичайними видами кріплення може використовуватись штагнове кріплення (див. наступний матеріал). Достоїнства і вади змішаних конструкцій визначаються видом використовуваного матеріалу.

Лекція 7. АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ

Анкерне кріплення являє собою систему закріплених у шпурах штанг, розташованих у масиві порід по контурі виробки і призначених разом із підтримуючими елементами (підхопленнями або опорними плитами) для зміцнення породного масиву з метою забезпечення стійкості гірничої виробки (рис. 8).

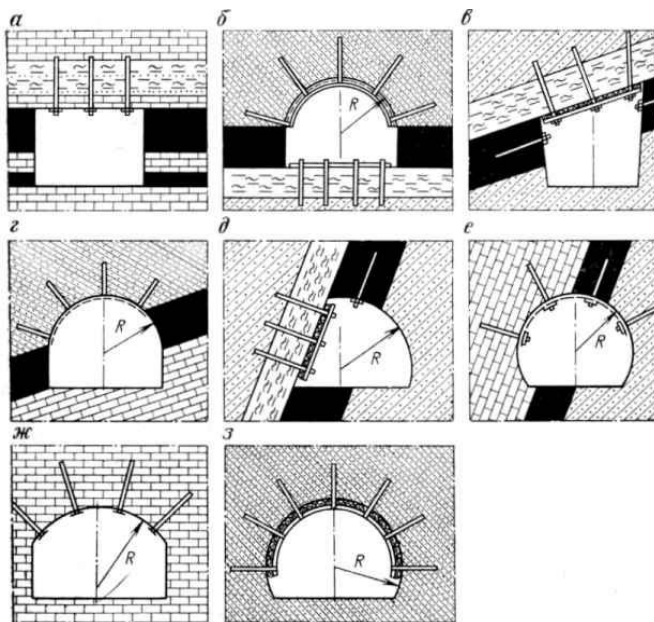


Рис. 8 – Схеми кріплення виробок штангами: а, ж – з опорними плітками; б, д – з прямолінійними підхопленнями з дерева або металу з дерев'яною затяжкою; б, в, г, з – з арковими стальними підхопленнями

Принципова особливість такого кріплення складається в тому, що штанги (анкери), зміцнюючи масив порід, дозволяють максимально використовувати його власну несучу здатність, завдяки чому в більшості випадків відпадає необхідність у застосуванні звичайних підтримуючих видів кріплення.

Штангове (анкерне) кріплення, при правильному його застосуванні, дозволяє з мінімальними витратами матеріалу і праці забезпечити підтримку виробок у справному стані в різноманітних умовах: при шаруватих і нешаруватих тріщинуватих породах, поза зоною і у зоні впливу очисних робіт, у виробках різноманітних форм поперечного перетину у якості постійного і тимчасового кріплення, самостійно або в сполученні з іншими видами кріплення. В даний час застосовують штанги металеві, залізобетонні, дерев'яні і сталеполімерні.

Металеві анкери складаються з круглого стержня, на однім кінці якого є різьблення і гайка, а на другому так званий замок, за допомогою якого штанга закріплюється в шпурі (рис. 9).

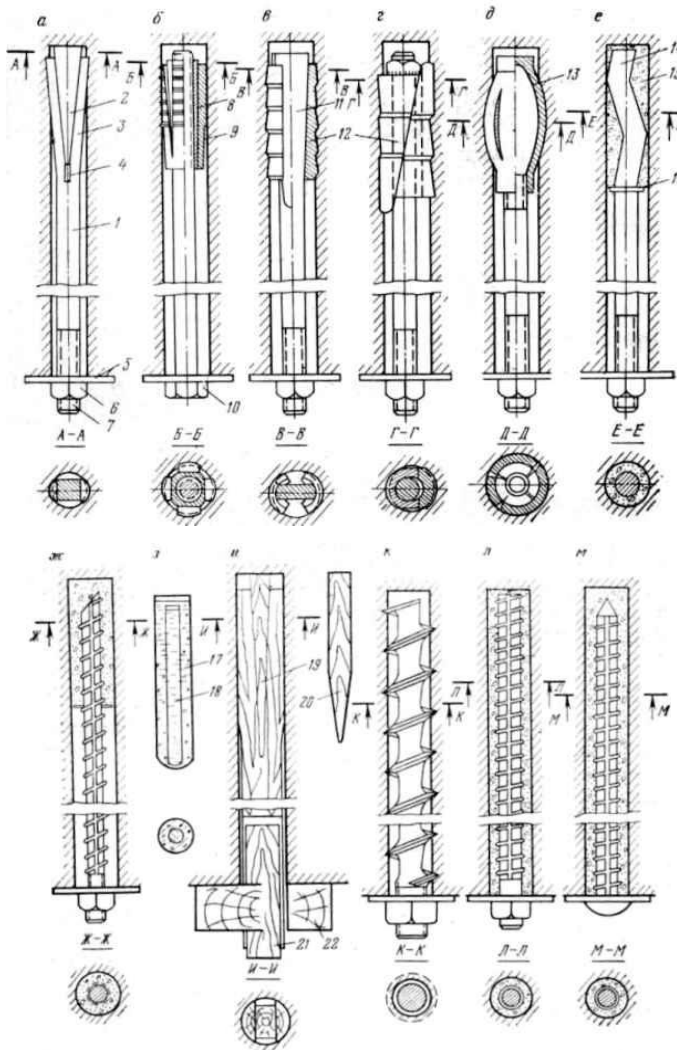


Рис. 9 – Різновиди анкерів: а – клино-щілинний, б – г – розпірний, д – вибухо-розпірний, е, ж – залізобетонний із замковим закріпленням, з – ампула, и – дерев'яний анкер, к – гвинтовий анкер, л, м – залізобетонні анкери із повним закріпленням; 1 – штанга, 2, 20 – клин, 3 – вуса, 4, 19 – щілина, 5 – опорна плитка, 6 – гайка, 7 – клинова голівка, 8 – стакан, 9, 12 – гільза, 10 – болт, 11 – розплющений кінець, 13 – трубчата голівка після вибуху, 14 – хвилеподібний стержень, 15 – бетонний або полімерний заповнювач, 16 – обмежувач, 17 – активний состав, 18 – отверджувач

Замки виготовляють із металу і розділяють на клино-щілинні, розпірні і вибухо-розпірні.

Анкери з клино-щілинним замком (рис. 9, а) виготовляють з круглої сталі діаметром 22—25 мм. У замкової частини їх строго по діаметрі утворюють щілину шириною до 2-4 мм і довжиною 150—200 мм, у якій при установці штанг уводять клини довжиною 120—180 мм і товщиною 23—35 мм. Щілинний кінець штанги і клин складають замок. Штангу при установці вводять у шпур замковою частиною з вставленим в устя щілини клином. При ударах по виступаючому зі шпуру кінцю штанги вона насувається на клин, при цьому вуса впроваджуються в породу стінок шпуру і закріплюються в ній. Діаметр шпуру рекомендується приймати не більш ніж на 12—15 мм більше діаметра штанги в замкової частини. Після закріплення штанги на її кінець, що виступає зі шпуру, надівають опорну плитку і шайбу, а потім загвинчують гайку.

Гідностями клино-щілинних штанг є достатньо висока несуча здатність у породах з $f^6 = 4—12$, простота конструкції й установки, відносно невелика вартість. Проте надійне закріплення таких штанг забезпечується тільки при механізованому їхньому забиванні (пневматичними молотками), тому клино-щілинні штанги застосовують якщо є стиснуте повітря. Штанга не виймається.

Анкери з розпірним замком виготовляють з круглої сталі діаметром 16—22 мм з конусною або клиновою голівкою і називають розпірними (рис. 9, б-г). Замок у шпурі закріплюють за допомогою гільзи або клиноподібних сегментів, що розпираються голівкою анкера при її натягуванні. Зовнішній діаметр гільзи при діаметрі шпуру 42—44 мм приймається рівним 38—40 мм, а висота – 80—140 мм, у наслідок чого досягається більша площа контакту замка с породою, ніж у клино-щілинних анкерах. Завдяки цьому розпірні замки забезпечують високу несучу здатність анкерів у породах середньої і навіть малої міцності. Більшість конструкцій розпірних анкерів дозволяють їх виймання та повторне використання.

Анкер з вибухо-розпірним замком (рис. 9, д) складається з круглого стержня діаметром 20—25 мм та порожньої циліндричної голівки діаметром 38—40 мм, що з'єднується із стержнем за допомогою різьблення. Замок закріплюється у свердловині в результаті розширення голівки після вибуху невеликого заряду ВР (20—40 г). Такі замки найкраще закріплюються у м'яких глинистих породах. Добре закріплюються вони й у міцних породах.

Позитивна особливість розглянутих типів металевих анкерів – здатність сприймати розрахункове навантаження одразу після встановлення.

Залізобетонний анкер являє собою арматурний стержень, закріплений у шпурі бетоном або тільки у замковій частині або по усій довжині (рис. 9, е, ж, л, м). Діаметр шпуру звичайно 36—42 мм. У якості стержнів використовують арма-

⁶ f – міцність за шкалою професора Протодіяконова

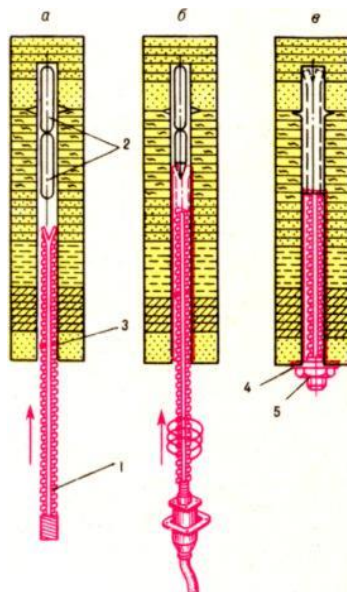
туру періодичного профілю або гладку діаметром 16—22 мм. Найбільше розповсюдження отримали забивні анкери, стержневу арматуру яких вводять у шпур після його заповнення бетоном марки 300—400, який приготровляється без крупного заповнювача. Достоїнства: створення тривкого контакту з породою по всій довжині штанги, гарний опір зсуву, довговічність. Недоліки: неможливість сприймати навантаження відразу після установки, висока технічна трудність контролю заповнення глибинної частини бетоном, необхідність виконання «мокрих» процесів на місці робіт.

Сталеполімерний анкер (рис. 10; рис. 9, е, ж) по своїй структурі аналогічний залізобетонному анкеру, тільки замість бетону використовують полімербетони на основі епоксидних і поліефірних смол. Достоїнства: відносно швидке затвердіння, висока тривкість закріплення, довговічність. Недоліки: висока технічна трудність контролю заповнення глибинної частини полімербетоном.

На практиці найбільш часто використовуються замкові сталеполімерні анкери, що закріплюються однією-двома ампулами на довжині 0,3—0,4 м. Якщо необхідно використання суцільних анкерів у важких умовах використовують декілька ампул нормального розміру.

Твердіння полімербетону повинне наставати через 2—5 хв. після перемішування компонентів. Анкер вступає у роботу через короткий строк після встановлення (при віці 1 і 2 години міцність закріплення замка довжиною 0,3 м досягає 0,5 і 0,7 від добової розрахункової), має міцність закріплення на рівні міцності штанги на розрив.

В якості **опорно-підтримуючих елементів** на анкерах застосовують сталеві **опорні плити, підхвати** з прокатних профілів (швелер, спецпрофіль, спарені кутки та ін.) або дерев'яних пластин, а також затяжку (металеву сітчасту або решітчасту, дерев'яну, або з тонких профільованих сталевих листів). Для захисту оголених порід від вивітрювання і елементів кріплення від корозії в необхідних випадках застосовують торкрет- або набризкбетонне покриття.



*Рис. 10 – Встановлення анкера із хімічним закріпленням (сталеполімерного):
а – заведення ампул;
б – перемішування складу;
в – завершальна стадія;
1 – анкер; 2 – ампул із закріплювальним складом;
3 – шайба; 4 – опорна плітка;
5 – гайка*

III. ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК

Лекція 8. ПОНЯТТЯ ПРО СПОРУДЖЕННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБОК. СПОСОБИ І СХЕМИ БУДІВНИЦТВА ВИРОБОК

Спорудження гірничої виробки – це комплекс робіт, виконання яких забезпечує її готовність до здавання у експлуатацію згідно технічного проекту. У склад цього комплексу входять підготовчі роботи; будівництво технологічної частини (устя) і монтаж у ній прохідницького обладнання; проведення самої виробки; заключні роботи.

Проведення гірничої виробки – це виймання, навантаження й транспортування гірничої маси, зведення кріплення, нарощування транспортних пристроїв й комунікацій, які забезпечують визначену швидкість посування вибою.

Тривалість спорудження виробки t_c складається з таких витрат часу:

$$t_c = t_n + t_{m.ч} + t_{np} + t_z, \quad (2)$$

де t_n – тривалість підготовчих робіт, міс;

$t_{m.ч}$ – час на будівництво технологічної частини (устя) виробки довжиною 10—50 м і установку в ній комплексу прохідницького устаткування для початку нормальної роботи в вибої по проведенню основної частини, міс;

t_{np} – час на проведення гірничої виробки з наміченої (розрахункової) швидкістю, міс;

t_z – тривалість заключних робіт, міс.

До складу **підготовчих** робіт входять:

- прокладка до вибою ліній постачання електроенергією або стиснутим повітрям, зв'язку, освітлення, водопостачання для зрошення і вогнегасіння;
- устаткування підземного транспорту;
- устрій водовідливу або водовідводу;
- установка вентилятора місцевого провітрювання і прокладка вентиляційного трубопроводу;
- устрій заслонів інертної пилюки й інші заходи, що забезпечують безпеку робіт відповідно до діючих правил безпеки;
- підготування до роботи прохідницького устаткування по будівництву устя;
- заготівля елементів тимчасовий і постійного кріплення.

Тривалість підготовчих робіт складає 1,5—2,5 місяця при звичайному способі проведення, і декілька місяців – при спеціальних.

Тривалість будівництва технологічної частини виробки дорівнює:

$$t_{m.ч} = \frac{L_{m.ч}}{v_{m.ч}} + t_m, \quad (3)$$

- де $L_{m.ч}$ – довжина або обсяг технологічної частини виробки, м або м³;
 $v_{m.ч}$ – швидкість проведення технологічної частини виробки, м/міс або м³/міс;
 t_m – час установки прохідницького устаткування і приведення його в робочий стан, міс.

Час проведення виробки дорівнює:

$$t_{np} = \frac{L_{\theta} - L_{m.ч}}{v_{np}}, \quad (4)$$

- де L_{θ} – повна довжина виробки, м;
 v_{np} – швидкість проведення виробки, м/міс.

До складу **заключних** робіт входять:

- проведення, якщо це необхідно, розширеної частини виробки для демонтажу прохідницького устаткування;
- безпосередньо демонтаж;
- підготування виробки до здавання в експлуатацію (перестилання і баластування рейкового шляху, установка постійної конвеєрної лінії або іншого устаткування, ремонт кріплення, білення й ін.).

Способи і схеми будівництва виробок

Розрізняють звичайний і спеціальний спосіб будівництва виробок.

Звичайний спосіб застосовується в стійких породах, що припускають оголення вибою виробки без спеціальних методів або пристроїв для його підтримки і забезпечення безпечних умов праці прохідників.

Спеціальними способами проводяться виробки в хитливих, пухких, сипучих або багатоводних породах, коли не можна оголити вибій без що випереджає кріплення, щита або спеціальних заходів, спрямованих на зміцнення порід.

Спосіб будівництва виробки характеризується в кожному окремому випадку технологією її проведення. Основний елемент технології – процес відділення породи або корисної копалини від масиву. Цей процес залежить від фізико-механічних властивостей порід, типу кріплення, площі перетину виробки і її довжина. Розрізняють такі технології відділення породи від масиву: буропідбивна, механічна, гідравлічна, ручна, комбінована.

Буропідбивна технологія застосовується при коефіцієнті міцності порід від 1 до 20, коли механічний або інші способи неможливі або неефективні. Площа перетину виробки обмеження не має.

Механічна технологія застосовується при коефіцієнті міцності порід в основному не вище 7—8. Довжина виробки більш 200 м, площа перетину обмежена технічною характеристикою прохідницького комбайна, бурової машини, прохідницького щита або іншого механічного агрегату.

Гідравлічна технологія застосовується при коефіцієнті міцності порід не вище 1—2, хоча гідрогармати можуть застосовуватися при більш міцних породах⁷.

Ручна технологія (за допомогою обушка, кирки або відбійного молотка) застосовується при коефіцієнті міцності порід не вище 1,5, коли застосування іншого способу неможливо. Довжина виробки мінімальна. Площа перетину обмежена.

Область застосування **комбінованої** технології залежить від комбінації використовуваних способів. Можливі сполучення: буропідривної з ручним, буропідривної з механічним, механічного з гідравлічним і ін.

Виробки переважно проводять повним перетином, і тільки коли площа перетину понад 20—30 м², вибою надають уступну форму. При стійких породах покрівлі вибій розділяють звичайно на горизонтальні уступи, число і висоту яких установлюють виходячи з ефективності, зручності і безпеки ведення робіт. Якщо породи покрівлі хитливі, вибій розділяють на вертикальні уступи.

Лекція 9. ПРОВЕДЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИРОБОК В ОДНОРІДНИХ МІЦНИХ ПОРОДАХ. БУРОПІДРИВНІ РОБОТИ

У однорідних міцних породах виробки проводять звичайно суцільним забоем буропідривним способом. У склад прохідницького циклу при цьому входять такі процеси.

Основні:

- буравлення шпурів;
- заряджання шпурів;
- підривання;
- провітрювання вибою;
- вбирання породи;
- встановлення постійного кріплення;

допоміжні:

- приведення вибою у безпечний стан;
- встановлення або висування тимчасового кріплення;
- нарощування вентиляційного трубопроводу;
- устрій водовідливної канавки;
- настилання тимчасового та постійного рейкового шляху або нарощування привибійного конвеєру.

При проведенні виробок буропідривним способом доцільно сполучати у часі виконання наступних процесів:

⁷ Зазвичай використовувалась переважно на гідрошахтах.

- з бурінням шпурів – кріплення, настилення рейкового шляху (нарощування конвеєра), навішування вентиляційного трубопроводу, проведення водовідливної канавки;
- з навантаження вугілля або породи – затяжку боків виробки, а також проведення канавки.

Буропідривні роботи.

На шахтах підривні роботи повинні виконуватися відповідно до вимог Правил безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення (НПАОП 0.00-1.66-13), затверджених Міністерством енергетики та вугільної промисловості України 12.06.2013 р. (наказ №355)⁸.

Буропідривні роботи повинні забезпечити:

- задані розміри і форму поперечного перетину виробки;
- рівномірне роздрібнення породи, що забезпечує продуктивне її складання навантажувальними машинами;
- збереження кріплення;
- максимальну заходку при якомого більшому коефіцієнті використання шпурів;
- зосереджений відкид породи з вибою.

Ці вимоги можуть бути виконані шляхом вибору типу ВР⁹, величини і конструкції його заряду в шпурі, глибини шпурів, числа і розташування їх у вибої.

У вугільних шахтах застосовують переважно запобіжні ВР: амоніт Т-19, АП-5ЖВ, угленіт П-12ЦБ, Е6, іоніт. У СНД ВР виготовляють у патронах діаметром 28, 32, 36 і 45 мм. При звичайному підриванні застосовують частіше патрони діаметром 36 мм, при контурному підриванні – 32 мм. За кордоном – відповідно 28—32 мм та 18,5—25 мм.

Підривання у шахтах, небезпечних по газу та пилу, дозволяється тільки електричне – електродетонаторами миттєвої дії (ЕД-8П, ЕД-8ПМ) та короткоуповільненої (ЕДКЗ-ПМ-15, ЕДКЗ-ПМ-25) дії.

Обсяг та величина заряду. Питому витрату ВР (кг/м³, кг/м) приймають за даними практики або визначають по емпіричним формулам. Витрата ВР на розрахункову величину посування вибою (кг) визначається як помноження питомої витрати на обсяг підривання (м, м³).

⁸ Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення: НПАОП 0.00-1.66-13. Україна, 2013.

⁹ ВР – вибухова речовина

Кількість та глибина шпурів. Кількість шпурів у вибої визначається або по емпіричним формулам або на підставі досвіду з урахуванням ряду факторів: витрати ВР і діаметра їх патронів, площі перетину виробки.

В шахтах та рудниках, безпечних по газу та пилу, коефіцієнт заповнення шпуру при колонковому (суцільному) заряді приймають рівним 0,7—0,85. В шахтах, небезпечних по газу та пилу, довжина забивки по *ЛБ* повинна дорівнювати: при глибині шпурів від 0,6 до 1 м — половині довжини шпуру; у шпурах глибиною більш 1 м — не менше 0,5 м. Остаточна кількість шпурів визначається шляхом опитних підривань.

Глибина шпурів залежить від фізико-хімічних властивостей порід, площі вибою, типу бурового обладнання та загальної організації робіт. Частіше глибина шпурів 1,6—2,6 м. Коефіцієнт використання шпуру складає 0,83—0,87. Для його підвищення глибину врубових шпурів приймають на 100—200 мм більше глибини відбійних шпурів.

Розташування шпурів. Схему розташування шпурів обирають в залежності від міцності та структури порід, розмірів площі перетину виробки, кількості відкритих поверхонь.

3 точки зору призначення шпурів їх поділяють на врубові, відбійні та ті, що оконтурюють.

Врубівні шпури призначені для утворення додаткової відкритої поверхні і, як наслідок поліпшити умови підривання відбійних шпурів, які руйнують основний обсяг породи. Остання група шпурів надає виробці проектні розміри і контури. Оконтурювальні шпури бувають під нахилом вбік контуру виробки.

Відстань між сусідніми шпурами не менше 0,3 м по породі з міцністю менше 7 та 0,45 м по породі з міцністю понад 7 і не менше 0,6 м по вугіллю; відстань між оконтурювальними шпурами 0,6—0,8 м. Їх забурюють на відстані 10—30 см від контуру виробки.

Щоб уникнути перебору порід при підриванні, застосовують контурне підривання переважно методом зближених зарядів. У цьому випадку збільшують кількість оконтурювальних шпурів, бувають їх перпендикулярно до вибою та заряджають меншою кількістю ВР. Контурні шпури розташовують на відстані 10—12 см від контуру виробки.

Типи врубів (рис. 11) характеризуються схемою розташування врубових шпурів. У міцних породах ($f > 12$) і в'язких широке розповсюдження отримали прямі вруби (здебільшого на рудниках), що утворюються шпурами, які пробуровані під прямим кутом до площі вибою (призматичні вруби, а, б). Всі шпури мають однакову довжину, Іноді у центрі пробурюють додатково незаряджений шпур (свердловину).

На вугільних шахтах отримав розповсюдження також спіральні-крокуючий вруб, у якому шість шпурів з глибиною від 0,9 до 2,8 м розташовуються по спіралі.

Відстань від центрального шпуру до шпурів по спіралі збільшується від 15 до 40 см. Заряди ВР підривають послідовно, починаючи від центра.

З врубів, що утворюються нахиленими шпурами, частіше застосовують клинові вруби, які можуть бути вертикальними (в, д) та горизонтальними (г), а також верхніми, центральними та боковими. У виробках з площею перетину більше 7 м² частіше застосовують вертикальні клинові вруби. У породах з $f = 5-7$ застосовують подвійний (д), а у породах з $f = 8-12$ – трійний клиновий вруб.

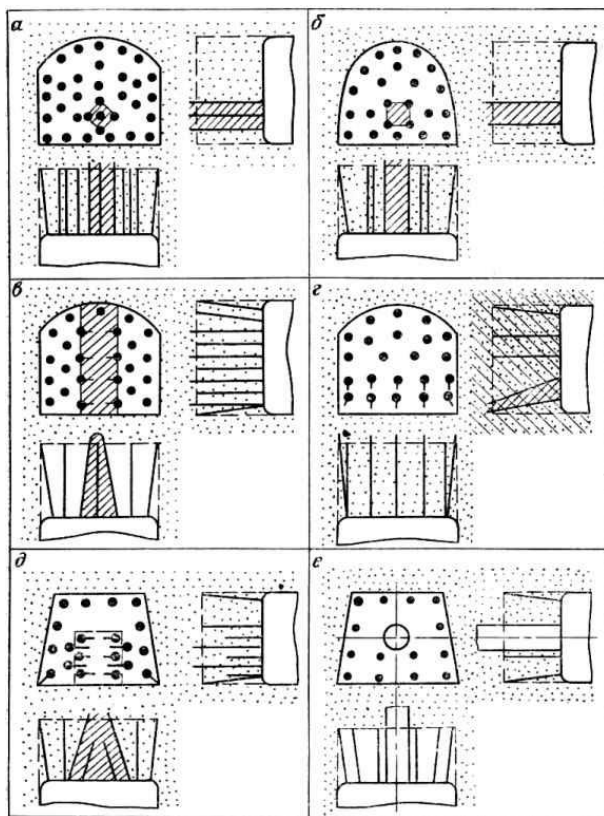


Рис. 11 – Типи врубів і схеми розташування шпурів при проведенні виробок в однорідній міцній породі

Призматичний вруб із свердловиною у центрі, яка не заряджується, наведено на рис. 11 (є).

Бурильні машини та способи їх встановлення. Буріння шпурів при проведенні виробок є одним з найбільш трудомістких процесів прохідницького циклу,

що займає 30-60% загальної тривалості циклу і здійснюється бурильними машинами обертальної ($f \leq 8$), обертально-ударної ($f = 8-16$) і ударно-обертальної ($f = 14-20$) дії. У породах середньої міцності ($f = 3-8$) обертальне буріння виконують колонковими електросвердлами СЕК-1, ЕБГП-1 та ін.

У якості робочого органа обертально-ударних бурильних машин і установок БУ-1, СБУ-2М, БУР-2 застосовують бурильні обертально-ударні головки 1100-1-1М при бурінні у породах з $f = 8-12$ і БГА-1М у породах з $f = 10-16$.

Ручні бурильні машини ударно-обертальної дії (перфоратори) ПР-22, ПР-20Л, ПР-25Л, ПР-27, ПР-30 застосовують для буріння шпурів діаметром 32—56 мм у породах середньої міцності і міцних, їх встановлюють на пневмопідтримувачах з ходом подавання 800, 1100, 1300 мм

Колонкові пневматичні бурильні машини ПК-50. ПК-5Н, ПК-50. ПК-75 застосовують для буріння у міцних та вельми міцних породах і встановлюють на маніпуляторах бурильних установок та кареток.

У останні роки отримали розповсюдження бурильні установки з бурильними машинами обертальної (КБМ, БУЕ, БКГ-2), обертально-ударної (СБУ-2М, БУ-1, БУР-2) і ударно-обертальної (СБКНС-2, СБКН-3 та ін) і універсальної (УБШ-252, 253А, 313А та ін.) дії і буронавантажувальні машини.

Бурильні установки складаються з бурильних машин, маніпуляторів з механізмом подавання і бурової теліжки. Установки з електроприводом БУЕ-3 і БКГ-2 можуть працювати у режимах обертальної і обертально-ударної дії у виробках з площею перетину від 9 до 25 м²

Самохідну установку СБУ-2М застосовують для обурювання вибоїв горизонтальних виробок висотою від 2 до 5,5 м, несамохідну установку БУ-1 – у виробках з площею перетину від 6 до 20 м². Самохідну установку БУР-2 з комплектом навісного обладнання застосовують для буріння шпурів у виробках з площею перетину до 25 м².

Для буріння шпурів у вугільних шахтах також застосовуються буронавантажувальні машини 1ПНБ-2Б і 2ПНБ-2Б.

Самохідні бурові каретки СБКН-2П, СБКНС-2, обладнані двома потужними машинами ударно-обертальної дії застосовують на рудниках для буріння шпурів у міцних породах.

Установки бурильні шахтні УБШ можуть виконувати обертальне буріння і універсальне (ударно-обертальне і обертально-ударне). Установка УБШ-252 має один маніпулятор, рейковий ход. Застосовується при площі перетину 6—12 м² і міцності порід до 14. Установка УБШ-253А має гусеничний ход. Установка УБШ-313А має 2 маніпулятори, гусеничний ход і може обурювати вибій з площею від 12,8 до 20 м².

У породах з $f \leq 8$ обертальні бурильні установки у порівнянні з обертально-ударними мають ряд переваг: вартість буріння нижче, швидкість буріння вище,

спрощується обслуговування, забезпечується безшумна робота і більш сприятливі умови боротьби з пилоутворенням.

У породах з $f \geq 8$ найбільш ефективні установки обертально-ударного або ударно-обертального буріння. Застосування установок типа СБКН доцільне у породах з $f \geq 12$. Найбільш перспективними для міцних порід є гідравлічні бурильні машини.

Буріння шпурів. До початку буріння шпурів за допомогою отвісів і прибору УНС-2 або ЛУН-3 перевіряють напрямок виробки. Від вертикальної і горизонтальної осей поперечного перетину виробки за допомогою шаблонів намічають її контур і у відповідності з паспортом буропідричних робіт розмічають місця закладання шпурів.

Загальний час буріння у вибої складається з чистого часу буріння і часу, що витрачається на підготовчо-заклучні операції. Своєчасне постачання вибою стислим повітрям і електроенергією, правильна організація планово-попереджувального ремонту і нагляду за бурильними машинами суттєво знижують витрати часу на підготовчо-заклучні і допоміжні операції.

Для боротьби з пилом буріння виконують з промиванням, застосовують інтенсивне провітрювання, завдяки чому знижують кількість пилу у вибоях до встановлених санітарних норм (2 мг/м^3 повітря). Витрата води на одну бурильну машину коливається від 3 до 5 л/хв. Вода у вибій для промивки шпурів і зрошення при навантаженні породи подається по трубопроводам. Для поліпшення змочування пилу до води додають змочувальник ДБ у кількості 0,5 г/л. Застосовується також сухе пиловловлювання.

Заряджання та підривання шпурів. Після перевірки відповідності розташування та глибини шпурів паспорту буропідричних робіт (БПР) і очищення їх від бурової дрібноти підричник подає перший попереджувальний сигнал (один довгий) і робочі, що не приймають участь у заряджанні, видаляються з вибою. Другий сигнал – бойовий (два довгих). По цьому сигналу підричники запалюють шнур (при вогневому підриванні) і видаляються у укриття, а при електричному – вмикають тік. Третій сигнал – відбій (три коротких) означає закінчення підричних робіт.

В заряджанні шпурів для скорочення часу крім підричника приймають участь прохідники, які мають Єдину книжку підричника. Бойові патрони виготовляють безпосередньо у вибої в процесі заряджання шпурів. У якості внутрішньої забойки застосовують пижі з суміші глини з піском 1 : 3, крупнозернистий пісок, гранульований шлак або водяна вибійка.

Процес заряджання і забойки шпурів може бути механізований застосуванням пневмозарядників, пневмовибійників і механічних пристроїв для виготовлення пижів.

Основним документом для виробництва підричних робіт у шахтах є паспорт БПР. Особливе місце при упорядкуванні паспорту повинне приділятися схемі розташування шпурів, розподілу ступенів уповільнення, типу і величині заряду ВР.

Лекція 10. ПРОВІТРЮВАННЯ ТУПИКОВОГО ВИБОЮ.

Для створення нормальних умов роботи в підготовчому вибої виробка на всьому протязі повинна провітрюватися свіжим струменем із таким розрахунком, щоб повітря у вибої містило не менше 20% кисню, не більше 0,5% вуглекислого газу, причому зміст інших газів повинний бути безпечним і нешкідливим для здоров'я людей. Температура повітря не повинна перевищувати $+26^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості до 90%; у випадку перевищення температури повинні застосовуватися дільничні кондиціонери. Підготовчі вибої провітрюють за допомогою загальношахтної депресії або вентиляторами місцевого провітрювання (ВМП). Загальним струменем провітрюють виробки невеликої довжини або паралельні виробки. У одиночних виробках застосовують місцеве провітрювання.

ВМП за родом енергії можуть бути пневматичні й електричні, а за принципом роботи відцентрові та осьові. Відцентрові ВМП (ВЦ-7, ВЦ-9, ВЦПД-8, ВЦП-16) застосовують для проведення виробок великої довжини (1,5-2 км) і в умовах великого газовиділення, коли для провітрювання виробки потребується понад $1000\text{ м}^3/\text{хв}$ повітря. Пневматичні ВМП застосовують на шахтах небезпечних по раптових викидах газу і вугілля.

Розрізняють три схеми провітрювання тупикових підготовчих вибоїв: нагнітальну, усмоктувальну і комбіновану (рис. 12).

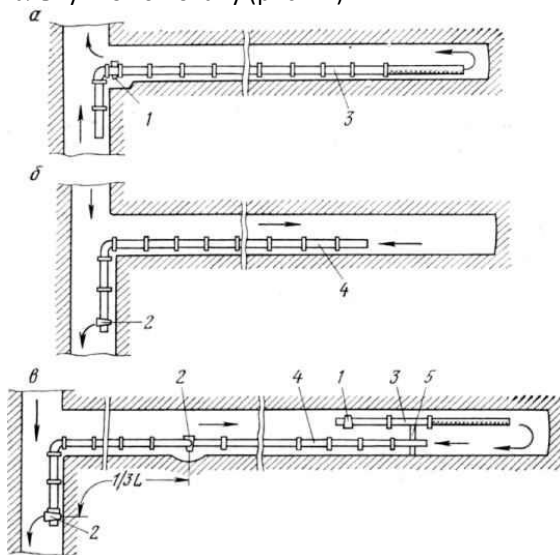


Рис. 12 – Способи провітрювання тупикових виробок:

а – нагнітальний; б – усмоктувальний; в – комбінований;

1 – нагнітальний вентилятор; 2 – усмоктувальний вентилятор; 3 – гнучкий трубопровід; 4 – жорсткий трубопровід; 5 – перемичка

Нагнітальна схема провітрювання (а) застосовується найбільше часто. При її застосуванні повітря, що виходить з відносно великою швидкістю з кінця трубопроводу, розріджує продукти вибуху і вимиває газову суміш із вибою. Водночас при нагнітальному провітрюванні продукти вибуху, що видаляються, рухаються по усієї виробці, утруднюючи виробництво робіт. Нагнітальний вентилятор установлюють на свіжому струмені на відстані не менше 10 м від місця виходу продуктів вибуху, щоб усунути їхнє засмоктання вентилятором і нагнітання у вибій разом із свіжим повітрям. Відстань від кінця трубопроводу до вибою не повинна перебільшувати 8 м.

При **усмоктувальній** схемі провітрювання (б) у вентиляційний трубопровід потрапляють лише гази, утворені при вибуху у вибої і знаходяться в безпосередній близькості від вхідного отвору. Перевагою даної схеми провітрювання є те, що виробка на всьому протязі залишається вільною від продуктів вибуху. Суттєвим недоліком даної схеми є те, що у вибою утворюється застійна зона, рух повітря у якій в бік трубопроводу відсутній.

Для забезпечення швидкого провітрювання виробки по всій її довжині застосовують **комбіновану** схему провітрювання (в) У цьому випадку на деякій відстані від вибою встановлюють перемичку з дверима, що під час провітрювання повинні бути закриті. Через цю перемичку проходять два трубопроводи, по одному з яких повітря нагнітається до вибою, а по другому – усмоктується. Недоліком способу є необхідність мати 2 вентилятори і виконувати додаткові роботи по переносу нагнітального вентилятора і перемички.

Вентиляційні труби виготовляють із металу, тканини і полімерних матеріалів. Металічні труби з листової сталі виготовляють діаметром 300—800 мм. Довжина кожної ланки 2—3 м. Окремі труби з'єднують за допомогою фланців болтами. Для ущільнення розміщують прокладки.

Труби з прорезиненої тканини довжиною ланок 5, 10 і 20 м і діаметром 300—1000 мм легкі, швидко встановлюються і мають безфланцеве поєднання ланок за допомогою пружинних кілець. Недоліками їх є відносно мала міцність і високий коефіцієнт аеродинамічного опору. Альтернативний варіант – труби з текстоліту, пластику, капрону та ін.

Розрахунок провітрювання складається з вибору схеми і способу провітрювання гірничої виробки, розрахунку кількості повітря, подаваного у вибій або що видаляється з нього, вибору типу і діаметра труб, визначення витоків повітря, підрахунок депресії, вибору типу ВМП.

Кількість повітря, необхідна для провітрювання тупикових виробок, визначається по чотирьох факторах:

- за розрідженням газу, що виділяється (CH_4 або CO_2);
- за кількістю газів, що виділяються під час вибуху;
- за числом людей у виробці;
- за мінімальною швидкістю руху повітря у виробці;

- за мінімальною швидкістю руху повітря у привибійному просторі в залежності від температури і вологості.

Після провітрювання вибій призводять у безпечний стан. При цьому гірничий майстер і підричник оглядають вибій і перевіряють, чи усі шпури вибухнули. Якщо виявлені відмови, то підричник робить їхню ліквідацію. Після цього або якщо всі шпури вибухнули, перевіряється стан кріплення, покрівлі і боків виробки. Ушкоджене кріплення виправляють. Породи покрівлі і боків обстукують оборником, тим самим, відокремлюючи шматки породи, що відшарувались.

Лекція 11. НАВАНТАЖЕННЯ ПОРОДИ ТА ПРИВИБІЙНИЙ ТРАНСПОРТ

Навантаження породи по трудомісткості і тривалості займає у прохідницькому циклі 30—40%. Навантаження породи механізується за допомогою навантажувальних машин і скреперних комплексів.

Вибір раціонального типу навантажувальної машини відбувається в залежності від міцності підлеглої збиранню породи, розмірів поперечного перетину виробки, виду застосованої для буріння шпурів енергії і прийнятої організації робіт з таким розрахунком, щоб машини в конкретних умовах використовувалися найбільш ефективно.

Для вантаження породи в одношляхових виробках застосовують машини **періодичної дії типу механічної лопати** на рейковому ходу (ППН-1С, ППН-2). Вагонетка прищеплюється до машини і з опущеним ківшом машина під'їжджає до підірваної породи. Ківш, занурюючись у неї, заповнюється породою. Потім вмикається двигун підйому, що приводить у рух барабан, на який навивається ланцюг, який піднімає ківш. При крайньому верхньому положенні ківшу порода висипається з нього у вагонетку, після чого ківш опускається до підшви виробки і цикл навантаження повторюється (рис. 13, а).

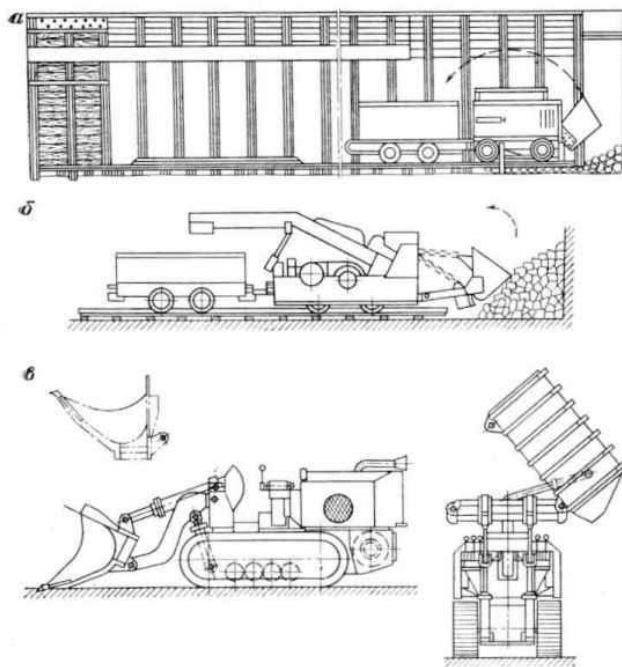
Вантаження породи даними машинами може відбуватись на конвеєр, установлений паралельно рейковому шляху, на якому працює машина. Для цього використовується перевантажувальна вагонетка з похилим лотком, що рухається разом із машиною.

Переваги машин типу механічної лопати у простоті їх конструкції і обслуговуванні при роботі. Основний недолік – обмежений фронт навантаження, що при проведенні виробок площею понад 8 м² викликає необхідність ручного підкидання породи до машини.

Навантажувальна машина 1ППН-5 **конвеєрно-ковшового типу** при роботі робить напірний рух опущеним ківшом у породу, потім ківш піднімається і, перевернувшись, передає захоплену їм породу на конвеєр, з якого вона потрапляє у вагонетку (рис. 13, б).

Останнім часом набувають розповсюдження ковшові машини на гусеничному ходу з боковим розвантаженням породи (МПК-ЗУ). Такі машини найбільш

продуктивні при навантаженні породи на конвеєрний транспорт. До того ж ці машини можна використовувати для допоміжних робіт з використанням навісного обладнання (рис. 13, в).



*Рис. 13 – Типи навантажувальних машин циклічної дії:
а – одноступеневого навантаження; б – двоступеневого
навантаження; в – з боковим розвантаженням*

Крім машин періодичної дії застосовують машини безупинної дії (1ПНБ-2, 2ПНБ-2, ПНБ-2К, ПНБ-3Д та ін.) на гусеничному ході (рис. 14). Машина 1ПНБ-2 навантажує породу у виробках з площею поперечного перетину у світлі по ширині та висоті не менше $2,5 \times 1,8$ м. Навантажувальна машина 2ПНБ-2 призначена для комплексної механізації прохідницьких робіт при проведенні горизонтальних виробок перетином від 8 м^2 і вище, має двобічне керування, обладнана устаткуванням для буровлення шпурів, для заряджання шпурів, підйому верхняків кріплення.

Для навантаження породи застосовують також скреперні навантажувально-доставочні комплекси і скреперні установки. Для навантаження породи застосовують коробчасті і гребкові скрепери вмістом до $0,8 \text{ м}^3$, причому коробчасті – при рівномірній і дрібній породі (до 200 мм), а гребкові при крупній кусковатості.

Полки використовують зварних конструкцій з похилим помостом і вікном для розвантаження скрепера.

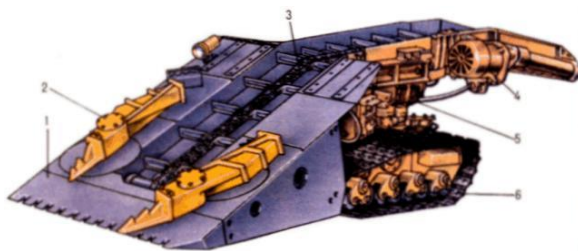


Рис. 14 – Навантажувальна машина безупинної дії

Скреперні установки застосовують у виробках різних перетинів. Вони прості у експлуатації і не потребують значних матеріальних витрат. До їх недоліків можна віднести швидкий знос канатів, складності зачистки підосви у боків виробки, неможливість роботи при слабкій підосві виробки.

Привибійний транспорт

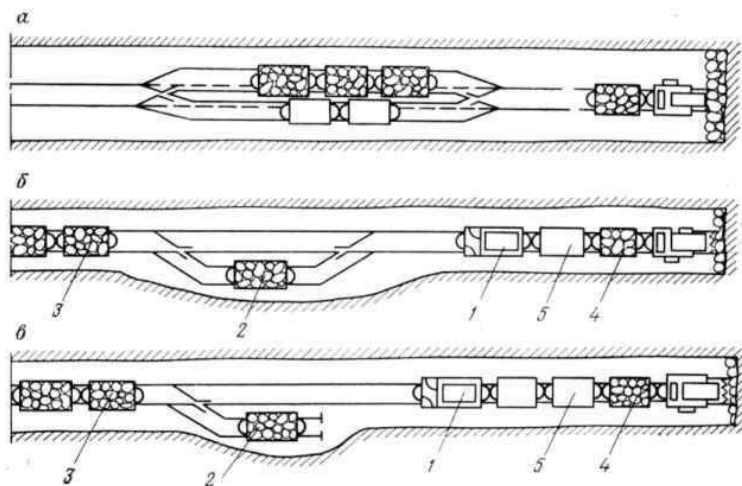
Продуктивність вантаження породи в значній мірі залежить від способу заміни навантажених вагонеток порожніми. Спосіб заміни залежить від організації робіт у вибої, механізації збирання породи, ширини виробки і способу транспортування породи. Вагонетки можна обмінювати по одній та партіями. У залежності від числа шляхів у виробку обмін вагонеток може відбувати на різноманітного роду стаціонарних тупикових і замкнутих розміновках.

У **одношляхових виробках** обмін вагонеток може відбуватися за допомогою накладної стрілки-розминки, розташованої від вибою не далі 20 м. Стрілка монтується на плиті, що полегшує її пересування. Також звичайно застосовуються тупикові і замкнуті розміновки (рис. 15).

У **двоколійних виробках** застосовують обмінні пристрої: накладні перехресні з'їзди, перекітні платформи різноманітних конструкцій і плити-розминки (рис. 16). При цьому обидва шляхи настиляються до вибою, а обмінні пристрої встановлюють на відстані 10 м від вибою.

Обмін вагонеток за допомогою вище перелічених пристроїв є трудомістким та тривалим процесом.

При обміні вагонеток складами, що розташовуються під перевантажувачем, витрати часу, пов'язані з обміном вагонеток, зводяться до мінімуму і виключається ручний труд прохідників (рис. 17).



*Рис. 15 – Обмін вагонеток у одноколійних виробках з використанням:
а – накладної стрілки-розминовки; б – замкненої розминовки; в – незамкненої
розминовки; 1 – електровоз; 2 – навантажена вагонетка на розминовці; 3 –
навантажена вагонетка у партії; 4 – вагонетка під навантаженням; 5 – порожня
вагонетка*

Перевантажувач УПЛ-2 використовують в одно- і двошляхових виробках з площею перетину у світлі $6,5 \text{ м}^2$ та більше. Під ним поміщуються 5 вагонеток УВГ-3,3. Під час роботи стояки задньої опори перевантажувача опираються на додаткові рейки з шириною колії 1800 мм, що укладаються по бокам основного шляху на ділянці довжиною 12—16 м.

Підвісний перевантажувач ППЛ-1 довжиною 25 м застосовується у виробках площею перетину у світлі понад $8,8 \text{ м}^2$. Перевантажувач підвішується до кріплення за допомогою монорейкового пристрою, яке дозволяє пересувати його в міру посування вибою навантажувальною машиною або маневровою тележкою.

Поряд з конвеєрами-перевантажувачами використовують великовантажні самоскидні вагони ВПК-10 і ВПК-7. Ефективно використовуються бункер-поїзда з 3—5 вагонів.

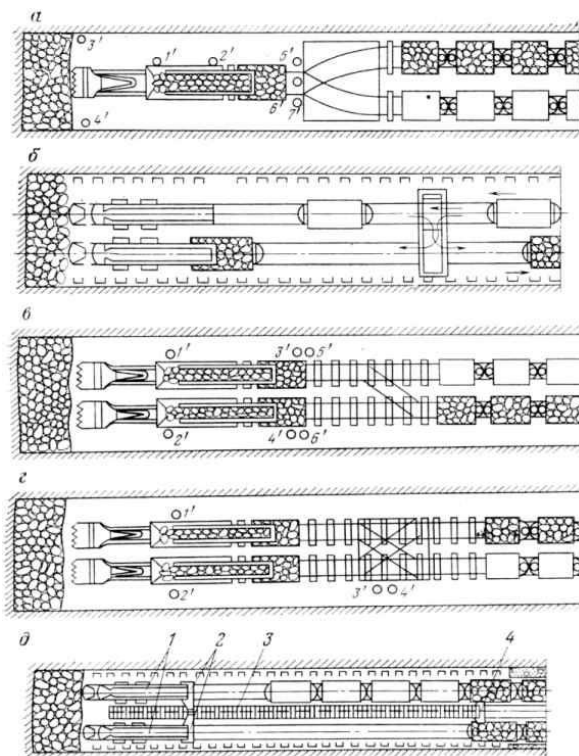


Рис. 16 – Обмін вагонеток у двоколіїних виробках з використанням:
 а – врізної маневрової плити; б – перекітних платформ; в, г – плит-розминовок;
 д – перевантажувача; 1 – навантажувальна машина; 2 – металевий жолоб; 3 –
 скребковий конвеєр-перевантажувач; 4 – двобічний металевий жолоб з шиберам; 1'- 7'-
 розстановка людей у вибої

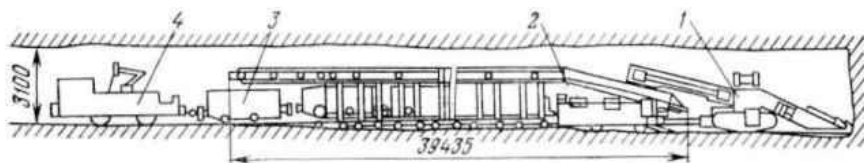


Рис. 17 – Навантаження породи у партії вагонеток: 1 – навантажувальна машина
 безперервної дії; 2 – перевантажувач; 3 – вагонетка; 4 - електровоз

Лекція 12. Допоміжні роботи

Правила безпеки, розділ 3, п. 11. У випадку проходження та перекріплення гірничих виробок не дозволяється залишати порожнечі за кріпленням. У разі наявності або утворення порожнеч вони мають бути закладені (забучені) породою, затамповані або заповнені негорючими матеріалами.

П. 12. Простір між вибоєм і постійним кріпленням має бути закріплений тимчасовим кріпленням. Заміна тимчасового кріплення на постійне кріплення виконується відповідно до ТПД¹⁰. Виймання вугілля відбійними молотками, зведення постійного кріплення, а також збирання вугілля та породи після підричних робіт у підготовчих виробках виконуються під захистом тимчасового кріплення. Конструкція тимчасового кріплення визначається ТПД і повинна гарантувати безпеку ведення робіт.

Дозволяється не застосовувати тимчасове кріплення за тубінгового постійного кріплення та виїмки гірничої маси на величину заходки, що дорівнює кроку постійного кріплення, за умови обов'язкового зтягування покрівлі виробки біля вибою.

Не дозволяється робити виїмку вугілля чи породи в підготовчих виробках без забезпечення їх змінним запасом кріпильних матеріалів. Місце розташування кріпильних матеріалів визначається ТПД.

Працівники, які здійснюють оббирання покрівлі, повинні перебувати під закріпленою ділянкою виробки.

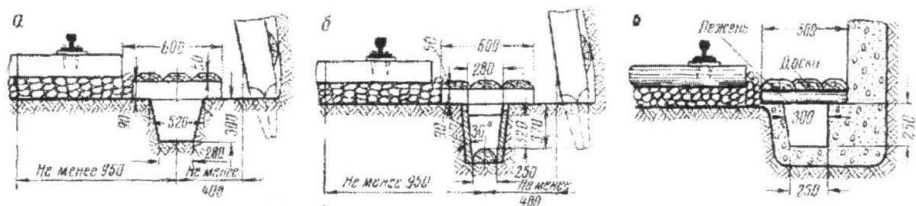
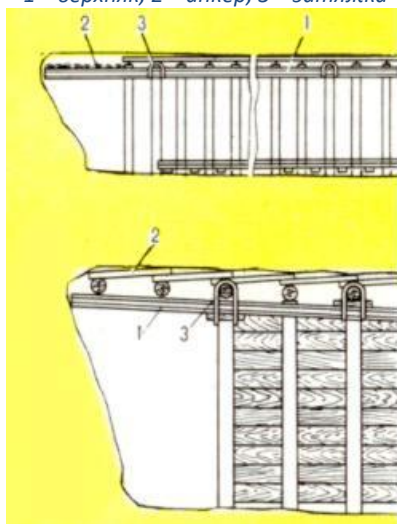
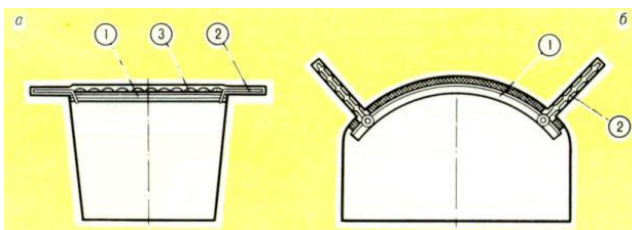
Зведення тимчасового кріплення. Тимчасове кріплення, установлене для безпечного ведення робіт у привибійному просторі до зведення постійного кріплення, повинне бути надійне, просте у виготовленні і зручне при установці і заміні постійним кріпленням.

В якості **підтримуючого** використовується аркове жорстке або податливе кріплення зі спецпрофілю. Зводять таке кріплення як постійне. Застосовується також анкерне кріплення у чистому вигляді, або у комбінації з верхняком металевої арки (рис. 18).

Якщо породи стійкі, але схильні до відшарування, а постійне кріплення зводиться вслід за посуванням вибою, то застосовують привибійне **огорожувальне** висувне кріплення і підвісні дерев'яні або металеві верхняки з зтягуванням (рис. 19).

Устрій водовідливних канавок. Вода, що надходить у виробку, відводиться самопливом по водовідливній канавці до центрального або дільничного водозбірника. Форми і розміри перетину водовідливних канавок вибираються в залежності від величини притоку води, властивостей порід, типу кріплення, розмірів і терміну служби виробок (рис. 20).

¹⁰ ТПД – технологічна проектна документація



У міцних породах одночасно з підриванням шпурів у вибій в підшві виробки підривають один-два шпури, які пробурюються у місці розташування канавки. Пі-

для вибірки породи канавку оформляють до проектних розмірів відбійними молотками. У породах з $f > 10$ і при притоках до $100 \text{ м}^3/\text{годину}$ канавки звичайно не кріплять (а). У породах із $f < 10$ канавки закріплюють: при дерев'яному кріпленні і важкорозмиваємих породах – деревом (б); при монолітному бетонному кріпленні – монолітним бетоном (в); при збірному з/б та металевому кріпленні – з/б або азбоцементними лотками. Кріплення канавки ведеться в міру посування вибою виробки. Поверх канавку накривають настилом.

Настилення рейкового шляху. При проведенні горизонтальних виробок для безперебійної роботи прохідницьких машин на рейковому ходу поблизу від вибою настиляють тимчасовий рейковий шлях, що у міру посування вибою замінюють постійним.

На шахтах застосовується два типорозміри ширини рейкового шляху: 600 і 900 мм. Постійний рейковий шлях настиляють ділянками довжиною, кратною довжині рейок (8 та 12 м). Рейковий шлях складається з основи і верхньої будівлі. Основою шляху служить підшва виробки. Верхня будівля складається з баластового прошарку, шпал, рейок, підкладок, накладок і з'єднувальних болтів (рис. 21). У шахтах застосовують рейки двох типорозмірів Р24 і Р33. Рейки Р24 в основному застосовують у дільничних виробках (штреках), рейки Р33 – у капітальних (квершлагах, приствольному дворі, корінних штреках, вантажних і людських ходках).

Настілку **тимчасового шляху** роблять без баластового прошарку, окремими ланками у вигляді відрізків рейки довжиною 1–2 м, приварених до металевих шпал зі швелеру № 16–20, або застосовуються висувні рейки довжиною 4–8 м (рис. 22). Коли сумарна довжина ланки тимчасового шляху досягає стандартної довжини рейки, його знімають і настиляють постійний шлях.

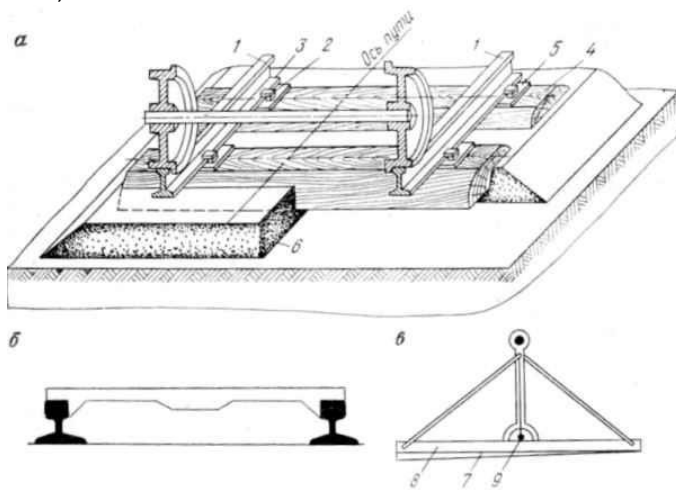


Рис. 21 – Будова рейкового шляху: а – верхня будова; б – шляховий шаблон; в – ватерпас; 1 – рейка; 2 – костиль; 3 – робочий кант рейки; 4 – шпала; 5 – підкладка; 6 – баласт; 7 – горизонтальна рейка; 8 – нашивка; 9 – відвіс

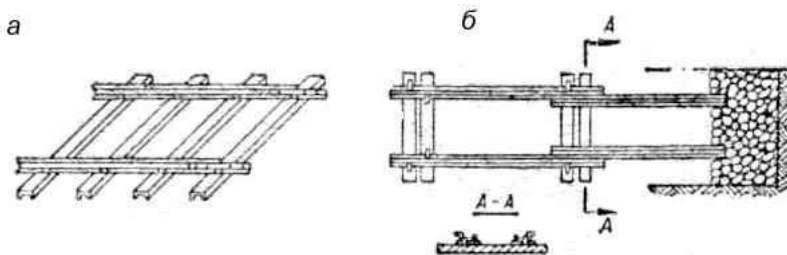


Рис. 22 – Тимчасовий рейковий шлях

Настілку рейкового шляху починають із розбивки осі шляху на підшві виробки і встановлення на її стінах реперів з відміткою проектного положення головки рейки. Рейки костилями пришивають до дерев'яних шпал через підкладку, а з залізобетонними шпалами з'єднують болтами.

Шпали вкладаються через 700 мм одна від одної на баласті з гравію розміром 3—20 мм або зі щебню 20—40 мм. Допускається використання породи, що не розмокає, з $f > 5$ розміром до 70 мм.

Товщину баласту приймають рівною 200 мм при рейках Р-33 і 190 мм при рейках Р-24. Шпали занурюють у баласт на $2/3$ їх висоти.

Рейковий шлях укладається з нахилом в бік приствольного двора, рівним 0,003—0,005.

Прокладка труб і кабелів. Труби і кабелі прокладають у виробках таким чином, що б їх не міг ушкодити рухомий состав не тільки при нормальному русі, але й у випадку його сходу з рейок; щоб вони не мішали проходу людей і щоб зручно було їх обслуговувати.

Доцільно прокладати труби і кабелі у верхній частині виробки. Вентиляційні сталеві труби в залежності від типу кріплення можна підвішувати за допомогою металевих хомутиків і крючків (рис. 23, а), підвісок (б) або металевих штирів (г), вмуrowаних у кріплення. Прогумовані вентиляційні труби підвішують на крючках до туго натягнутого троса діаметром 5-6 мм.

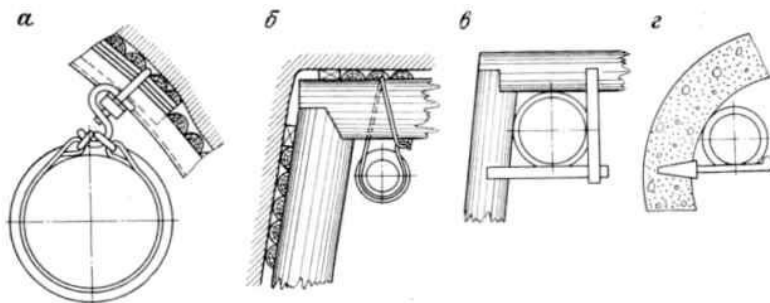


Рис. 23 – Способи підвішування труб

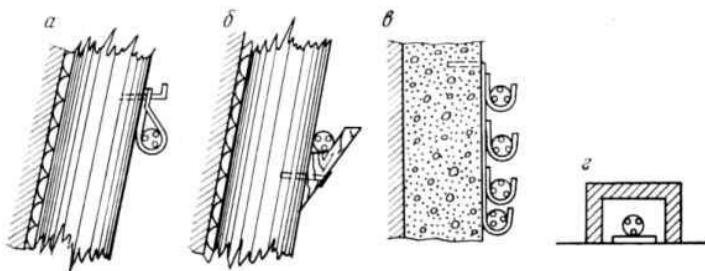


Рис. 24 – Способи прокладки кабелів

Водопровідні труби можна прокладати по підшві виробки, але так, що б вони не заважали руху людей.

Силові кабелі підвішують до дерев'яного і металевого кріплення еластично на брезентовій або гумовій стрічці (рис. 24, а) або на дерев'яних кронштейнах (б), у такому місці виробки, де б у випадку обриву підвіски кабель не потрапляв на рейки або конвеєр. Відстань між підвісками не більше 3 м. Жорстке закріплення силового кабелю (в) допускається тільки у виробках, закріплених бетонним та монолітним залізобетонним кріпленням або проведених у міцних породах без закріплення. При прокладці кабелю по підшві виробки його захищають від механічних пошкоджень вогнестійким матеріалом (залізобетонні жолоба, фасонна сталь та ін.) (г).

Доставка матеріалів та обладнання. Доставку матеріалів та обладнання у вибій виробок виконують у пакетах, контейнерах або на спеціальних платформах. На ряді шахт для транспортування матеріалів, обладнання та людей по дільничним безрейковим і конвеєрним виробкам з кутом нахилу до 18° використовують монорейкові канатні дороги 4ДМК і 6ДМК(У) з максимальною довжиною транспортування відповідно 1200 і 1600 м. Застосування монорейкових доріг, як свідчить досвід, дозволяє в 3—4 рази знизити трудомісткість робіт.

Для транспортування на довжину до 1500 м матеріалів, обладнання і гірничої маси по рейковим виробкам з завищеним або тяжким профілем, в яких утруднюється або неможлива електровозна або канатна відкатка, застосовують ґрунтову канатну дорогу типу ДКН.

Освітлення. Для освітлення виробок услід за посуванням вибою наращують з відставанням 10—20 м постійну освітлювальну мережу. Там, де проектом не передбачається постійне освітлення, встановлюють тимчасове.

Сучасні навантажувальні машини і бурильні установки обладнані прожекторами для освітлення місця роботи. Дільниця виробки у вибою освітлюється також електричними світильниками РП-100 і РП-200, які підвішуються через 4—6 м. Також кожен з прохідників має індивідуальний акумуляторний світильник.

Маркшейдерське обслуговування. Контроль за проведенням виробок виконується маркшейдерською службою підприємства. Маркшейдер дає направлення виробки, а у процесі її проведення перевіряє його. Направлення виробки у горизонтальній площині задають теодолітом і позначають висками або за допомогою світового прибору УНС. Висків беруть не менше трьох через 1—3 м.

Для визначення напрямку виробки, а також при настиланні рейкових шляхів, контролю кріплення і інших роботах може використовуватись лазерна установка ЛУН-2, розроблена ВНДМІ, яка кріпиться на спеціальному кронштейні до стінки або покрівлі виробки утворює потужний світловий потік, видний на відстані до 1000 м.

Лекція 13. Зведення постійного кріплення

Правила безпеки, розділ 3, п. 2. Відставання постійного кріплення від вибою підготовчої виробки визначається ТПД, але не може бути більшим ніж 3 м, при цьому повинно бути встановлене тимчасове кріплення.

На початок нового циклу відставання постійного кріплення від вибою (крім кам'яного, бетонного чи залізобетонного) не повинне перевищувати крок його встановлення.

При міцності порід ($f > 7$ за шкалою проф. Протод'яконова) дозволяється збільшення відставання постійного кріплення від вибою на відстань не більше ніж подвійний крок установлення кріплення.

Зведення постійного кріплення є найбільш відповідальним і трудомістким процесом при проведенні виробок. Досвід свідчить, що у загальних витратах труда і часу у прохідницькому циклі процес кріплення займає 30—60 % в залежності від технології і способів механізації прохідницьких робіт.

Дерев'яні кріпильні рами повинні встановлюватись прямовисно і перпендикулярно подовжньої осі виробки. При установці рами спочатку риють лунки глибиною 15—20 см, потім у них установлюють бічні стояки. До установлення верхня бічні стояки удержують за допомогою обаполів, що прибиваються до встановлюваних ніжок і ніжок сусідніх, раніше встановлених, рам. Після установки бічних стояків накладають поверх або заводять збоку верхняк так, щоб прилягання елементів у замку було щільним. Після проводять перевірку установки рами і, якщо треба, раму рихтують. Далі роблять розклинювання рами, затяжку покрівлі і боки із забутовкою виробленого простору. Металева трапецієподібне кріплення будують у тому ж порядку, що і дерев'яне.

Послідовність установки рами **кріплення АП** така:

- риють лунки глибиною 15—20 см;
- установлюють ніжки кріплення;

- з'єднують ніжки з раніше встановленою рамою за допомогою хомутів і розстрілів; накидають верхняк і наживляють замки; перевіряють правильність установки рами;
- з'єднують верхняк із раніше встановленою рамою за допомогою хомутів і розстрілів;
- остаточно затискають замкові з'єднання, встановлюють дерев'яні розпірки між рамами;
- затягують покрівлю, а потім боки виробки із забутовкою виробленого простору.

Замок рами АП повинний мати такі розміри: довжина замка — 40 см, відстань між хомутами — 20 см, відстань від хомута до краю замка — 10 см.

Затяжки виготовляють з дерева, з/б, металевих решіток, а також склоткачини. Для часткової механізації зведення металевих аркового кріплення можливе застосування навісного обладнання на бурильних установках, комбайнах або буронавантажувальних машинах, оснащене спеціальними захватами для кріплення і люлькою для кріпильника. Арку збирають на підшві виробки і встановлюють захватом вертикально. При цьому кріпильник з люльки розклинає арку і виконує затягування покрівлі. Розроблені також підвісні кріпленнявстановлювачі, що пересуваються по монорейці і входять у склад прохідницьких комплексів обладнання.

Бетонне кріплення.

Удосконалювання зведення бетонного кріплення здійснюється по трьом напрямкам:

- створення конструкцій пересувної опалубки і машин для механізованої укладки бетону за опалубку;
- безопалубочне бетонування (набризкбетон);
- роздільне бетонування.

Для зведення монолітного бетонного кріплення у квершлагах з площею перетину у світлі від 9,04 до 10,23 м² розроблений комплекс устаткування «Горизонт-1У», що включає інвентарну металеву опалубку ОГВ-1М й установку для закладання бетонної суміші УБС-5В. Комплект опалубки включає п'ять секцій, загальною довжиною 10 м, кожна з яких складається з металевих арок (двотавр №10) і затяжок з аркушевої сталі шириною 250 мм. Укладка бетону за опалубку робиться посекційно від підшви к склепінню виробки за допомогою бетоноукладача. Застосування такої опалубки виключає витрату лісоматеріалів і збільшує продуктивність праці при кріпленні в 1,5 рази. Опалубка використовується багаторазово.

Для кріплення виробок площею перетину 7—25 м² розроблена пересувна металева опалубка ОМП-1. При використанні цієї опалубки застосовується бето-

ноукладочний комплекс БУК-2 (рис. 25) з завантаженням бетонної суміші із звичайної вагонетки в бетоноукладач комплексу грейферним завантажувальним пристроєм.

Бетонну суміш можна доставляти з поверхні або готувати на місці. При доставці з поверхні вона може розшаровуватись, що викликає утворення "пробок" в горловині нагнітача і бетоноводу і зниження якості кріплення. Крім цього, утруднюється застосування швидкотвердіючих бетонів для підвищення швидкості бетонування (особливо при пересувній опалубці).

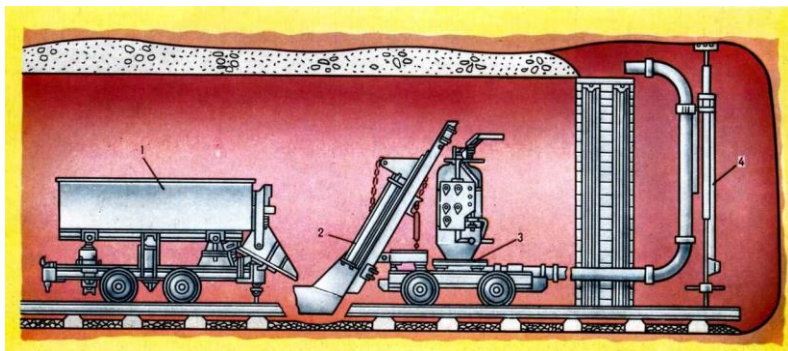


Рис. 25 – Бетоноукладочний комплекс БУК-2: 1 – бетоноукладач; 2 – грейферний завантажувальний пристрій; 3 – бетоновід; 4 - вагонетка

Для кріплення виробки **набризкбетоном** застосовують машини "сухого" набризку БМ-68, БМ-70, ПБМ-2 і "мокрого" набризку – МНБ-1. Готова суха суміш під тиском стислого повітря надходить по шлангу до сопла, до якого підводиться по іншому шлангу меншого діаметра вода під тиском більше тиску стислого повітря. У соплі відбувається змішування сухої бетонної суміші з водою. Зволожена бетонна суміш через сопло викидається стислим повітрям на що покривається поверхню. Відскок бетону від вертикальних стінок складає 10—12%, а від склепінних перекриттів 15—20%. При "мокрому" набризку по трубопроводу надходить готова бетонна суміш.

Для кращого змішування бетону з породою шматки, що відшаровуються, необхідно видаляти, а поверхню, підлеглу набризкбетонуванню, очищати повітрям і промивати водою. Набризкбетон за один раз наноситься товщиною 5—7 см; такі прошарки його наносяться через 10—15 хв. Товщина набризкбетонного кріплення може складати 10-30 см, унаслідок чого покриття з набризкбетону виконує не тільки захисну функцію, але може бути і несучою конструкцією. При нанесенні набризкбетону сопло повинне відстояти від поверхні, що покривається, на 1—1,5 м.

Недоліком сухого набризку є значне пилоутворення при виконанні робіт, значний відскок від поверхні і втрати матеріалу при бетонуванні. Ці недоліки відсутні при "мокрому" способі набризку.

Для зведення **металевого анкерного** кріплення бурять шпур, встановлюють у нього штангу, на нижній виступаючий кінець штанги надівають опорну плиту або підвісний верхняк і закріплюють їх гайкою, яку затягують до відмови. Механізація встановлення кріплення відбувається за допомогою спеціальних машин, які мають виконавчі органи для буріння свердловин, закріплення замка штанг і завертання гайок. Наприклад, машини БУА-1С, БУА-3 можна використовувати як для механізації встановлення анкерів, так і для буріння шпурів у вибої.

При встановленні залізобетонного анкерного кріплення пробурений шпур спеціальним пневмонагнітачем заповнюється бетоном марки 300—400, а потім у нього вводять арматуру. При відсутності у шахті стислого повітря застосовують пересувну нагнітальну установку з легким компресором. При невеликій кількості анкерів, що встановлюються одночасно, можна використовувати спеціальний ручний шприц.

Лекція 14. ПРОВЕДЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В ОДНОРІДНИХ М'ЯКИХ ПОРОДАХ

Проведення виробок за допомогою відбійних молотків

Відбійні молотки застосовують при проведенні виробок по породах із коефіцієнтом міцності 1,5; по порушених і сильно газонасичених пластах. При проведенні штреків по вугіллю відбійними молотками основними процесами прохідницького циклу є відбійка (виймання) вугілля, його навантаження і зведення постійного кріплення; устрій водовідливної канавки; настилення шляху.

У залежності від поперечного перетину виробки і організації робіт відбійка гірничої маси у вибої здійснюється одним або декількома відбійними молотками.

В даний час виймання вугілля відбійними молотками як самостійний спосіб не застосовують, тому що він є найбільш дорогим, трудомістким і неефективним у порівнянні з іншими способами. Відбійні молотки застосовують звичайно для оконтурювання виробок і оформлення водовідливної канавки.

Проведення виробок за допомогою гідромеханізації

Гідромеханізація при проведенні виробок застосовується головним чином на гідрошахтах, на яких підготовчі виробки характеризуються невеликою площею поперечного перетину (3—5 м²). Виробки проводять трапецієподібної, прямокутної та аркової форми з нахилом 0,05—0,07 в бік вуглесосної камери.

Відбійка вугілля робиться високонапорним струменем води, що формується і направляється на вибій за допомогою гідромоніторів. Відбите вугілля транспортується водою самопливом по сталевих жолобах, що вкладається в спеціальні поглиблення в підшві виробки під монорейковим шляхом. По жолобах вугілля надходить у пульпозбірник, відтіля вуглесосами подається на поверхню, де обезводнюється, а освітлена вода насосами знову подається до гідромоніторів. Застосовуються гідромонітори ГДЦ-3, ГМДЦ-2М з дистанційним управлінням з відстані 10—15 м. Подача гідромоніторів при тиску у насадки 5—10 МПа дорівнює 15—17 т/годину. Існують конструкції повністю автоматизованих гідромоніторів.

Прохідницький цикл при гідромеханізації складається з утворення врубу, відбійки вугілля, видалення його змивом, зачищення, оформлення і кріплення виробки. Горизонтальний вруб висотою 0,3—0,5 м роблять у підшві струменем води (рис. 26). Глибину його приймають у залежності від міцності вугілля (1—2 м). Підрубане вугілля відбивають паралельними смугами шириною 0,3—0,5 м при слабких вугіллях і 0,15—0,3 м – при міцних. Відбите вугілля, що накопичується, необхідно періодично насичувати водою, спрямовуючи в нього струмінь. В міру просування вибою на відстань, припустиму по стійкості оголення покрівлі (5—6 м), виїмку вугілля припиняють і будують кріплення. Потім пересувають гідромонітор ближче до вибою і нарощують напірний водопровід і вентиляційні труби.

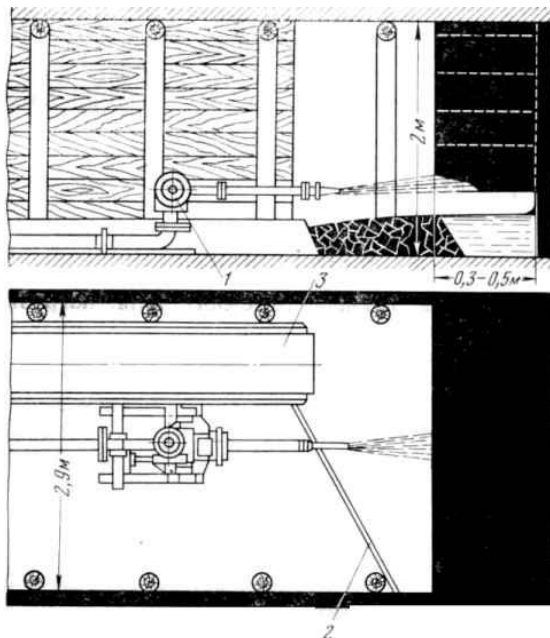


Рис. 26 – Проведення виробок за допомогою гідромеханізації

Проведення виробок за допомогою гідромоніторів організують по багатовибойному методу, що полягає в такому. Після відбійки і змиву вугілля на розмір заходки в одному вибої гідромоніторник переходить в інший, а потім у третій і т. д. де виконує ту ж роботу. Чотири його помічника виконують усі наступні операції в кожному вибої. Бригада у складі 3—5 чоловік, виконуючи паралельно процеси прохідницького циклу у 2—3 вибоях, на протязі зміни проводить до 15—18 м виробок.

Гідромеханізація може використовуватись і на звичайних шахтах, де вугілля транспортується звичайним способами.

Достоїнства гідромеханізації – можливість застосування у шахтах будь-якої категорії, зниження температури повітря, відсутність пилоутворення, в 2 рази більша продуктивність праці у порівнянні з продуктивністю при застосуванні буропіддривних робіт. Недолік – значна доля трудомісткості зведення кріплення, складність доставки матеріалів і обладнання у вибій.

Проведення виробок за допомогою комбайнів

Принцип дії прохідницьких комбайнів заснований на механічному способі відділення корисного копального або породи від масиву. При комбайновій технології процес проведення виробки носить безупинний характер, досягається високий рівень механізації і безпеки робіт, забезпечується велика стійкість оголень гірських порід, тому що не порушується масив за контуром виробки, підвищується в 2,5—10 разів швидкість проведення виробки й у 4—6 разів – продуктивність праці; знижується в 1,5—2 рази собівартість готової виробки.

По своїй конструкції і призначенню прохідницькі комбайни поділяються на комбайни роторного типу з руйнацією масиву по всій площі вибою, і виборчої дії.

Дія виконавчих органів комбайнів **роторного типу** (рис. 27) заснована на принципі роздавлювання, сколювання або різання гірничого масиву. Наприклад, прохідницький комплекс «Союз-19у» призначений для проведення виробок перетином 20,6 м² по породам міцністю до 10. Комплекс забезпечує механізовану руйнацію породного вибою, вантаження і транспортування гірничої маси, кріплення горизонтальних і похилих (до 10°) гірничих виробок. До складу комплексу входить комбайн, перевантажувач і устаткування для монтажу кріплення, що дозволяє цілком механізувати процес зведення кріплення без припинень комбайна.



Рис. 27 – Комбайн роторного типу (ПК-8МА, ЯМЗ)

Комплекс оснащений апаратурою автоматики, що забезпечує контроль положення комбайна у виробі й автоматичне регулювання швидкості подачі виконавчого органу на вибій у залежності від навантаження електродвигунів приводу. Комбайн має комбінований виконавчий орган, оснащений шарошками конічної форми. Центральна частина вибою руйнується лобовим забурником методом роздавлювання, а інша частина – методом сколювання. Спочатку пробурюється кругла виробка діаметром 5 м, потім бермовими органами їй надається аркова форма. Ківшами, установленими на головному виконавчому органі, зруйнована порода з вибою подається на стрічковий конвеєр комплексу і передається перевантажувачем на інші транспортні способи.

Застосовують також інші комбайни бурового типу: ПК-8М (площа перетину 8—9 м²), КРТ (16,5 м², $f \leq 8$), ТОР-2 (10,8 м², $f \leq 6$), "Урал-10КСА" (7,8—10,2 м²), "Урал-20КСА" (13,4—20,2 м², $f \leq 4$).

Ефективне використання комбайнів бурового типу забезпечується за умови існування широкого фронту робіт (велика довжина виробки і великий загальний річний обсяг проведення виробок).

Комбайни **виборчої дії** мають стрілоподібний виконавчий орган, оснащений різцевою коронкою подовжнього або поперечного різання, гусеничну систему подавання та навантажувальний пристрій у вигляді стола з нагортаючими лапами (рис. 28). Вони призначені для проведення горизонтальних і похилих гірничих виробок по м'яким породам, вугіллю або змішаному, вибою із міцністю порід до 6-8. Цей тип комбайнів широко застосовується як у вітчизняній, так і в закордонній гірничій промисловості, їхнє достоїнство – можливість роздільної виїмки вугілля і породи, порівняно невелика маса, можливість монтажу у виробках з малим перетином без використання спеціального обладнання. Комбайнову технологію застосовують з метою досягнення максимальної швидкості проведення виробки, і, як наслідок, скорочення терміну спорудження виробки. Одержати оптимальні показники можна за умови забезпечення максимальної продуктивності комбайна за рахунок збільшення коефіцієнта його використання, застосування високопродуктивних транспортних засобів і безперервного матеріально-технічного постачання, а також добре продуманої організації робіт. Зараз вітчизняна промисловість випускає такі комбайни виборчої дії: КСП-



Рис. 28 – Комбайн виборчої дії (П220, НКМЗ)

22 ($7-21 \text{ м}^2$, $f \leq 5$, $K_{\text{пр}} \leq 0,5^{11}$), КСП-32 ($10-29 \text{ м}^2$, $f \leq 7$, $K_{\text{пр}} \leq 0,75$), КСП-42 ($12,5-32 \text{ м}^2$, $f \leq 8$, $K_{\text{пр}} \leq 0,75$), П-110 ($7-25 \text{ м}^2$, $f \leq 7$, $K_{\text{пр}} \leq 0,75$), П-220 ($9-30 \text{ м}^2$, $f \leq 8$, $K_{\text{пр}} \leq 0,85$), 4ПП2М ($9-25 \text{ м}^2$, $f \leq 7$, $K_{\text{пр}} \leq 0,75$).

Прохідницький цикл при комбайновій технології проведення виробок включає три основних процеси: виймання і навантаження гірської маси, транспортування гірської маси, зведення кріплення. Прохідницький цикл при цій технології не має ярко виражених меж, як при буропідривної технології. Обробку вибою коронкою виконавчого органу комбайну виконують заходками, які звичайно дорівнюють шагу встановлення кріплення, а при стійких породах – до 2—3 м. Вручну здебільшого виконують роботи по заготовленню елементів кріплення (піднесення, підготовка до встановлення), проведення водовідливної канавки, настилення рейкового шляху (піднесення, укладка, зболчування шпал і рейок), навантаженню і розвантаженню кріпильних матеріалів, по зачистці підосви.

Прохідницький цикл починається з руйнування породи виконавчим органом комбайна. Продуктивність комбайна багато в чому залежить від схеми переміщення робочого органу по вибою виробки. Схема обробки вибою залежить від багатьох факторів і зазвичай обирається машиністом комбайну на підставі практичного досвіду. Головний напрямок різання може бути у залежності від нашарування порід у вибої горизонтальним, вертикальним та похилим (рис. 29).

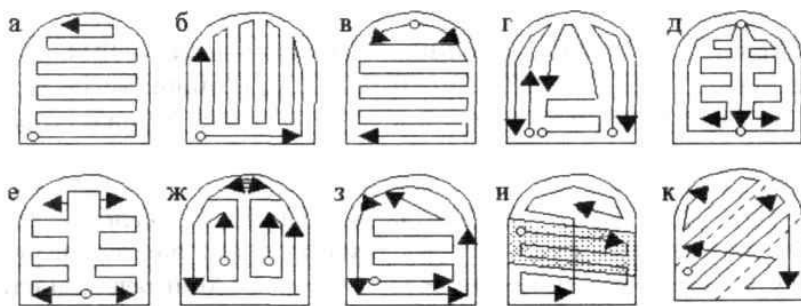


Рис. 29 – Схеми обробки вибою виконавчим органом комбайну виборчої дії

У однорідних породах різучу коронку переміщують перпендикулярно до напрямку тріщинуватості (а, б). Для попередження можливого обвалення слабких порід покрівлі обробку вибою виконують у напрямку зверху вниз або починають з центральної зони вибою, а потім – у бокових його частинах (в, г). У виробках великого поперечного перетину у слабких та шаруватих породах доцільно спочатку оконтурити виробку, зробити вертикальний вріз, а потім обробити ядро вибою (д). Коли площа поперечного перетину виробки перебільшує зону дії з однієї стоянки комбайну, то спочатку обробляють одну, а потім другу половину вибою (е).

¹¹ $K_{\text{пр}}$ – сумарний коефіцієнт присічки бокових порід

В умовах шахт Західного Донбасу при $f \leq 6$ широко застосовують схему з двома центральними врізами (ж). При обробці вибою горизонтальними та вертикальними врізами коронка залишає нерівності. Для точного оконтурювання по периметру залишають цілик товщиною близько $\frac{1}{3}$ діаметру коронки, який руйнують останнім (з). При проведенні виробок змішаним забоем напрямок переміщення різучої коронки співпадає з нашаруванням порід. Якщо у вибої є пласт слабкої породи, то спочатку виймається він, а потім інша частина вибою (и, к).

Значний вплив на техніко-економічні показники комбайнової проходки робить організація транспорту гірської маси. Між комбайном і транспортними засобами звичайно розташовується перевантажувач. Незалежно від конструкції перевантажувача транспортна лінія повинна забезпечувати безперервний потік гірської маси з виробки. Можливі схеми транспортних ланцюгів:

- комбайн – перевантажувач – скребковий конвеєр – состав вагонеток;
- комбайн – перевантажувач – состав вагонеток (рис. 30, а);
- комбайн – перевантажувач – скребковий конвеєр – стрічковий конвеєр;
- комбайн – перевантажувач – стрічковий конвеєр (рис. 30, б).

Найбільш високі показники швидкості і продуктивності праці досягаються при сполученні комбайн – стрічковий телескопічний конвеєр. При відсутності стрічкового телескопічного конвеєра застосовують комбінацію комбайн – перевантажувач – скребковий конвеєр – стрічковий конвеєр. Найменш ефективна схема з використанням локомотивного транспорту.

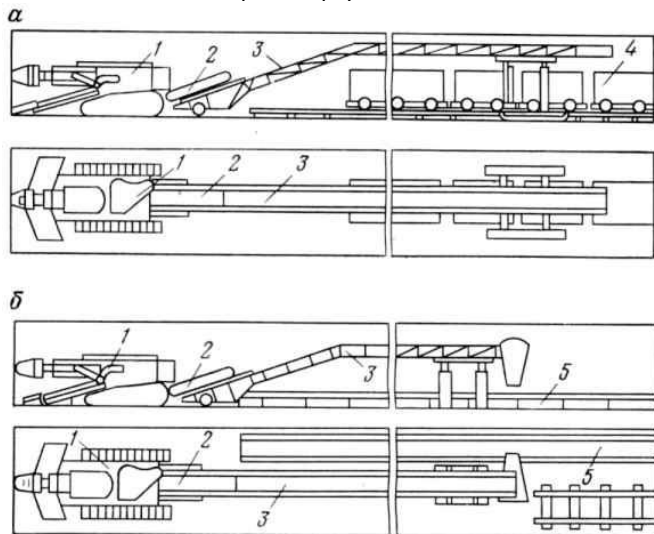


Рис. 30 – Схеми привибійного транспорту при проведенні виробки комбайном:
1 – комбайн; 2 – мостовий перевантажувач; 3 – причіпний перевантажувач; 4 – вагонетка; 5 – стрічковий конвеєр

Для забезпечення безперервної роботи комбайна на протязі прохідницького циклу довжину причіпного перевантажувача обирають з умови розміщення під ним числа вагонеток, необхідного для посування вибою на шаг установки кріплення.

Проведення виробок буропідричним способом

Проведення виробок буропідричним способом з механізованим навантаженням вугілля застосовують при міцних ($f \geq 2$) і в'язких вугіллях, витриманому заляганні пластів по товщині і породах покрівлі, які допускають оголення 3,5—4,5 м². Цей спосіб також застосовують при проведенні підготовчих виробок малої довжини (до 200 м), коли застосування комбайнів не є доцільним.

Шпури бурять здебільшого ручними електросвердлами ЕР14Д2М, ЕР18Д2М, ЕРП18Д2М, пневмосвердлами СРЗ, СРЗМ і СПР13-750. При міцних вугіллях можуть також застосовуватись колонкові електросвердла і навісне обладнання буронавантажувальних машин.

Глибина шпуру встановлюється в залежності від прийнятої організації і механізації робіт у вибої, допустимої площі оголення покрівлі, отримання максимальної ефективності вибуху, виходячи з виконання у зміну 1 або декількох циклів. Глибина шпуру обмежується КВШ. Число шпурів визначається так же, як і у квершлагах. Мінімальна відстань між шпурами у вугільному вибої не менше 0,6 м.

Лекція 15. ПРОВЕДЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИРОБОК У НЕОДНОРІДНИХ ПОРОДАХ

Способи проведення, розташування підризки бокових порід

При проведенні штреків по пласту вугілля у вибої існують різні по властивостям породи. У таких випадках штреки проводять суцільним забоєм або з роздільним виїманням корисної копалини і породи. Суцільним забоєм проводять виробки по вельми тонким пластам і при низькій якості вугілля, а також при швидкій проходці, оскільки у цьому випадку спрощується організація робіт. При роздільній виїмці штреки проводять широким або вузьким забоєм. У першому випадку корисна копалина виймається тільки на ширину виробки, а у другому – ширина вибою по корисній копалині приймається більшою, ніж по породі на величину, необхідну для розташування породи от підризки у виробленому просторі пласта.

Розташування підрубки порід може бути верхнім (рис. 31, а), нижнім (б), та двобічним (в).

При кутах падіння до 10—20° покрівля звичайно не підривається, особливо при прямокутній або трапецієподібній формі перетину. При об'єднанні вугільного вибою штреку з очисним забоєм підривають покрівлю. При падінні 13—25° кут не

є визначаючим для вибору місця підризки. При кутах $25\text{--}50^\circ$ найбільше розповсюдження отримала двобічна підризка, оскільки у цьому випадку обсяг порід, що підриваються, найменший.

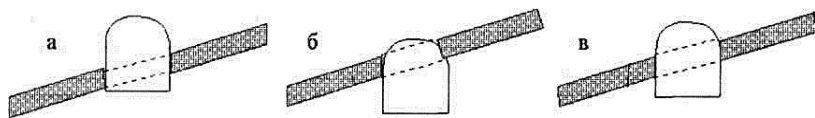


Рис. 31 – Розташування підризки порід

Проведення виробок вузьким забоєм

Цикл робіт при проведенні штреку вузьким забоєм складається з виймання вугілля, підризки бокових порід і т. д. При роздільній виїмці спочатку виймають вугілля на глибину $2\text{--}4$ м, а потім породу. Вугільний вибій може не випереджувати породний або випереджувати його до 5 м.

Особливості проведення БПР при проведенні у неоднорідних породах: роздільне підривання по вугіллю та породі, уступна форма вибою виробки, підривання зарядів у вугільному вибої при одній оголеній поверхні, а у породному – при двох. Глибина шпурів по вугіллю $1,5\text{--}2,5$ м.

В пластах товщиною $0,8$ м шпури розташовують в один ряд з віяловим (рис. 32, а) або клиновим (б, в) врубом; при більшій товщині їх розташовують у два ряди та більше (г, д, є, ж). В міцних та в'язких вугіллях застосовують посилений вруб (г), зі збільшенням довжини шпурів від центра до боків виробки. Вугілля також виймають вибуруванням (з) шляхом буріння свердловин діаметром 250 і 300 мм.

При підриванні бокових порід кількість шпурів визначають з урахуванням двох оголених поверхонь або приймають по даним практики з урахуванням міцності порід. Глибина шпурів ув'язується з глибиною шпурів по вугіллю і дорівнює $1,6\text{--}4$ м.

Підривання зарядів у шпурах по вугіллю та породі відбувається як одночасно, так і окремо. При підриванні у два прийоми заряджання та підривання зарядів у шпурах по породі допускається після провітрювання вибою, вбирання підірваної породи, заміру газу і проведення інших заходів по забезпеченню безпеки у вибої.

Постійне кріплення штреків не повинне відставати від вибою по породі більш ніж на 3 м. При слабкій покрівлі ця відстань зменшується.

Роботи по проведенню можуть бути організовані двояко: по вугіллю за добу (або за дві зміни) виконують дві заходки, а по породі – одну.

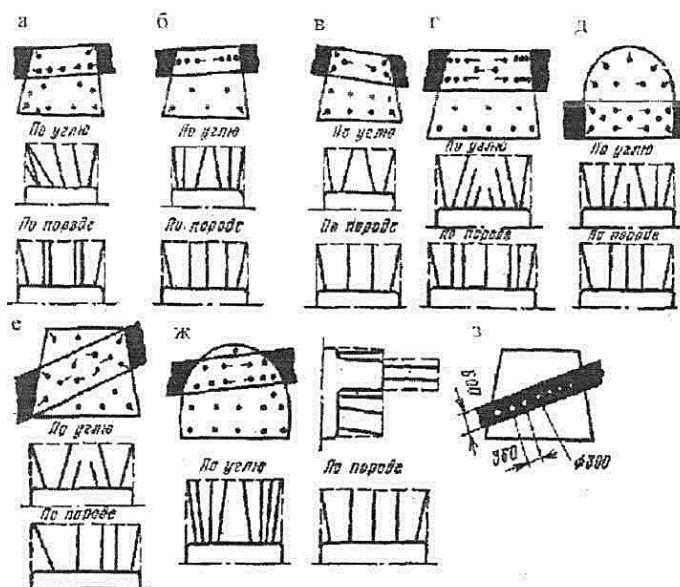


Рис. 32 – Розташування шпурів при проведенні виробок по неоднорідним породам

Схема незалежної видачі вугілля та породи дозволяє сумістити у часі роботи по вугіллю та породі з кріпленням виробки. Для цього вибій по вугіллю розширюють на 1—1,5 м і на породній бермі уздовж штреку встановлюють скребковий конвеєр для транспорту вугілля.

Проведення виробок широким забоем

В даний час на території Донецького басейну є 1260 породних відвалів, що займають великі площі орної землі. Кількість і обсяг відвалів систематично збільшується (щорічно видається на поверхню більш 600 млн. т породи). Основним джерелом породи на шахтах є проведення і ремонт шарових штреків (90% усіх підготовчих виробок). Велику частину з них проводять вузьким, забоем із видачею породи на поверхню і меншу – широким забоем із закладанням породи в розкоску або вироблений простір лав.

Ріст обсягу штреків, проведених широким забоем буде сприяти різкому зменшенню породи, що видається на поверхню, виключить витрати часу і засобів на її складування і транспортування, розвантажить транспорт і підйом від непродуктивної породи.

Виробки широким забоем проводять на пологих пластах товщиною 0,6—1,5 м при наявності стійких порід покрівлі. Відносно штреку розкоски може бути верхня, двостороння і нижня (рис. 33).

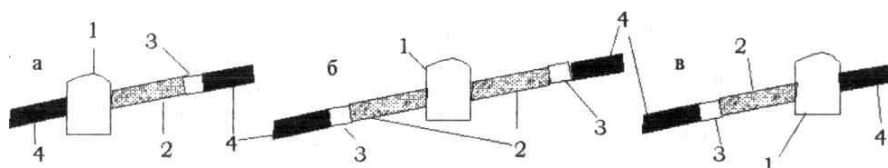


Рис. 33 – Варіанти розташування розкоски:

1 – виробка; 2 – розкоска; 3 – косовічник (просік); 4 – вугільний пласт

Технологічні схеми проведення штреків широким забоєм можна розділити на три групи: **широким забоєм попереду лави**, **слідом за очисним забоєм**, **спареними виробками**.

Проведення штреків широким забоєм попереду лав забезпечує побіжний видобуток вугілля, незалежність робіт у вибоях лави і штреху по виїмці і транспортуванню гірничої маси (рис. 34).

Проведення штреху слідом за лавами дає можливість замінити вугільні вибої лави, штреху і розкоски одним суцільним забоєм, виїмку вугілля в який роблять за допомогою комплексу устаткування, прийнятого для лави (рис. 35).

Спареними називаються два паралельних штрехи з загальним вугільним забоєм і розкоскою, у якій закладають породу, що підривається у вибоях (рис. 36).

Проведення штреків широким забоєм містить у собі роботи з виїмки вугілля і зведенню кріплення у вугільному вибої, відбійці породи і закладання її у вироблений простір, зведенню кріплення в штреху, настільці шляху й оформленню водовідливної канавки.

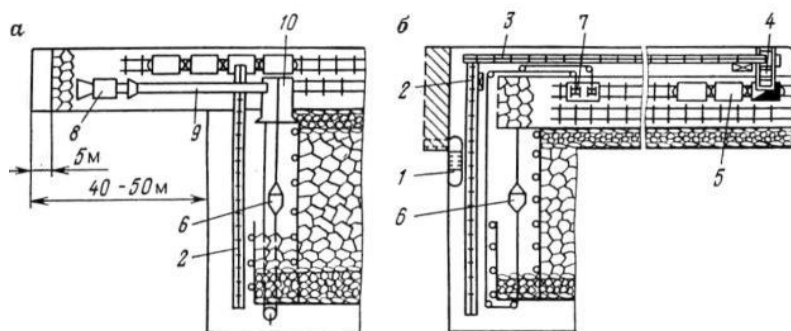


Рис. 34 – Проведення виробки широким ходом попереду лави з роздільними вугільними вибоями виробки і розкоски (а) і загальним вугільним забоєм виробки і розкоски (б):

1 – врубова машина; 2, 3 – конвеєри; 4 – навантажувальний пункт; 5 – состав вагонеток; 6 – скрепер; 7 – скреперна лебідка; 8 – навантажувальна машина; 9 – перевантажувач; 10 – скреперний полок

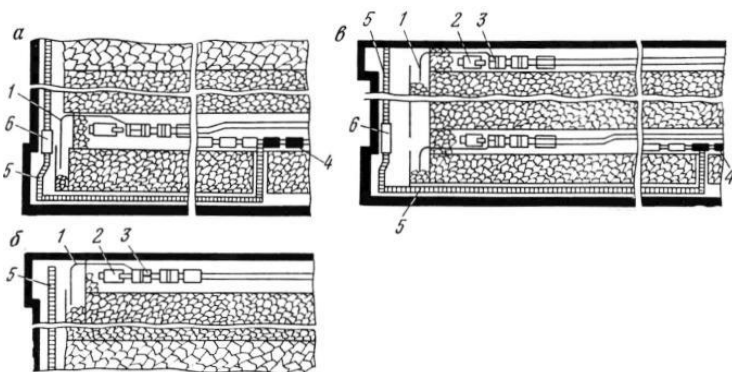


Рис. 35 – Проведення виробки широким ходом вслід за лавою:

1 – закладочний трубопровід; 2 – навантажувальна машина 1ППН-5 або 2ПНБ-2;
3 – дробильно-закладочна машина “Титан-1”; 4 – состав вагонеток; 5 – скребковий конвеєр; 6 – очисний комбайн

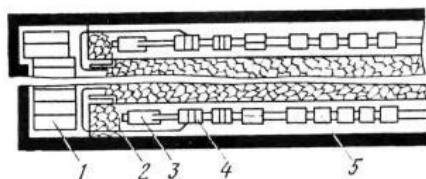


Рис. 36 – Проведення спарених виробок широким ходом із залишенням породи в шахті:

1 – механізоване кріплення; 2 – закладочний трубопровід; 3 – прохідницький комбайн;
4 – дробильно-закладочна машина “Титан-1”; 5 – состав вагонеток

Найбільше трудомістким процесом при проведенні штреків широким ходом є закладка породи. Розрізняють такі способи закладання: пневматичний, гідрравлічний, механічний, самопливний і ручний.

Сутність **пневматичного** способу полягає в такому. Порода, що підривається на штреку, після роздрібнення подають закладною машиною в трубопровід і транспортується по ньому стислим повітрям у розкоску. Найкращим матеріалом для закладання є шматки породи розміром від 5 до 60 мм. Достоїнства способу: можливість транспортування закладного матеріалу по трубопроводі на значні відстані; низька трудомісткість робіт із закладання породи; досить висока щільність закладного масиву, що будується. Недоліки: підвищені вимоги до закладного масиву і підвищені пилоутворення.

При **гідрравлічному** способі закладочний матеріал не повинний містити легкорозчинних солей і з'єднань, що роблять шкідливий вплив на матеріал трубоп-

ководів і механізмів; змішуючись із водою, повинні утворювати пульпу, спроможну при мінімальній витраті води переміщатися по трубопроводі; легко віддавати воду, не розмокати і не нестися водою, що відводиться із виробленого простору.

Пульпу в попередньо обгороджений вироблений простір подають по трубах діаметром 150 мм. Вода із закладного масиву, що будується, легко просочується через огорожену перемичку і накопичується у водозбірнику, де відбувається її освітлення. Достоїнства – висока щільність і низька трудомісткість робіт, що включають установку перемички і прокладку трубопроводу. Недоліки: підвищені вимоги до закладного матеріалу і неможливість сполучення робіт із виїмки вугілля і закладання виробленого простору.

При **механічних** способах закладання породи застосовуються скреперні установки і закладні машини пресувальної дії. У першому випадку породу, що підривається в штреку, транспортують по розкосці і закладають скрепером совкового типу, задня стінка якого виконана у виді породної лопати. Достоїнства: можливість застосування будь-якого закладного матеріалу, невисока вартість установки, простота робіт, більш висока продуктивність праці в порівнянні з ручним закладанням. Недоліки – порівняно низька продуктивність закладання і невисока щільність породних смуг.

Самопливний спосіб закладання породи застосовують в умовах похилих, крутосхилих і крутих пластів, коли зруйнована гірнича маса, подавана зі штреку в розкоску, може під дією власної ваги переміщатися в розкосці до місця закладання. Достоїнства: невисока вартість робіт, можливість закладання породи без застосування додаткового устаткування, нежорсткі вимоги до закладного матеріалу. Недоліки: невисока щільність закладного масиву й обмежена область застосування.

Ручний спосіб закладання застосовують рідко і тільки у виробках, умови проведення яких не дозволяють застосовувати інші способи.

Лекція 16. ОСОБЛИВОСТІ БУДІВНИЦТВА ПОХИЛИХ ВИРОБОК

При проведенні похилих виробок виконують той же комплекс робіт, що і при будівництві горизонтальних виробок. Проте є ряд особливостей, обумовлених похилим положенням виробки.

Відповідно до правил технічної експлуатації в похилих виробках, по яких передбачене пересування людей, повинний бути вільний прохід шириною не менше 0,7 м на рівні 1,8 м, у якому в залежності від куту нахилу влаштовують бильця, що прикріплюються до кріплення (7—10°); трапи з бильцями (11—25°); Сходні зі сходінками і бильцями (26—30°); східці з горизонтальними щаблями і бильцями (31—45°). При кутах нахилу понад 45° улаштовується ходове відділення, обладнане так само як і сходове стовбурів.

Всі зазори в похилих виробках збільшуються на 100—150 мм. При кутах нахилу понад 10° шпалу рейкового шляхукладають на $\frac{2}{3}$ їхньої товщини в поперечні канавки на баласт. При кутах нахилу менше 9° протягом однієї рейки кінці двох спеціально подовжених шпал заводять за стояки кріплення. У дуже міцних породах незалежно від куту нахилу шпали можна зміцнювати штирями, встановлюваними в розбурені в підосві шпури. Ці заходи охороняють рейковий шлях від сповзання.

Бремсберги, похили, скати проводяться, як правило, спареними з залишенням між двома виробками цілика шириною 20—40 м. Спарені виробки для поліпшення провітрювання поєднуються через проміжки не більше 30 м вентиляційними просіками. В період експлуатації одна з виробок використовується для пересування людей, вентиляції і стоку води, а паралельна – для транспортування гірської маси.

Правила безпеки, розділ 3, п. 6. У разі проведення, поглиблення або ремонту похилої виробки працівники, які працюють у ній, повинні бути захищені від небезпеки падіння вагонеток (скіпів) та інших предметів не менше ніж двома міцними заслонами (бар'єрами). Конструкція бар'єрів і місця їх розташування у виробці затверджуються головним інженером шахти, шахтобудівельного управління.

Загороджень (бар'єрів) має бути не менше двох – один встановлюється в усті виробки, другий – не далі 20 м від вибою. Бар'єри виготовляють з рейок, двотаврових балок або колод, шарнірно закріплених до верхняка кріплення та нижнім кінцем упертих у поперечну балку, шпалу рейкового шляху або у підосву виробки (рис. 37). Під час спуску вагонеток бар'єр піднімається тросом, при підйомі вагонеток – балка піднімається власне вагонеткою.

Прохідницькі машини на гусеничному ході обладнуються додатковими пристроями для попередження сковзання і підвищення стійкості (рис. 38).

Ускладняється транспортування гірничої маси і матеріалів. Для вантаження гірничої маси при кутах нахилу понад 5° потрібні спеціальні машини. Транспортування гірської маси відбувається скребковим конвеєром (при кутах до $\pm 28^\circ$), стрічковим конвеєром (до 18°), вагонетками (до $\pm 25^\circ$), у скіпах (при кутах понад 10°).

При площі поперечного перетину понад 12 м² використовують стрічкові конвеєри у сполученні з монорейковими вантажно-людськими дорогами або напідошвенними канатними дорогами (ДКН).

При проведенні виробок зверху униз виникає необхідність відкачки води. Проведення похилих виробок знизу нагору може супроводжуватися скупченням метану у вибої, для видалення котрого необхідно посилення провітрювання або попередня дегазація. Крім того, безпека робіт повинна бути забезпечена спеціальними запобіжними пристроями.

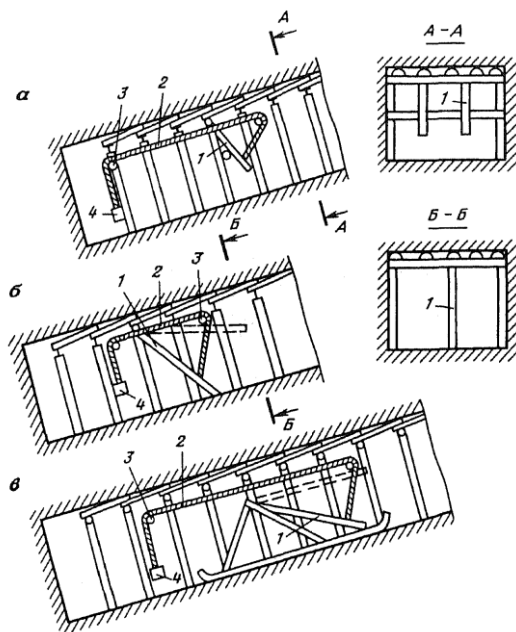


Рис. 37 – Запобіжні бар'єри (Картозія, и др., 2001):
1 – балка; 2 – трос; 3 – блоки; 4 – контрвантаж.

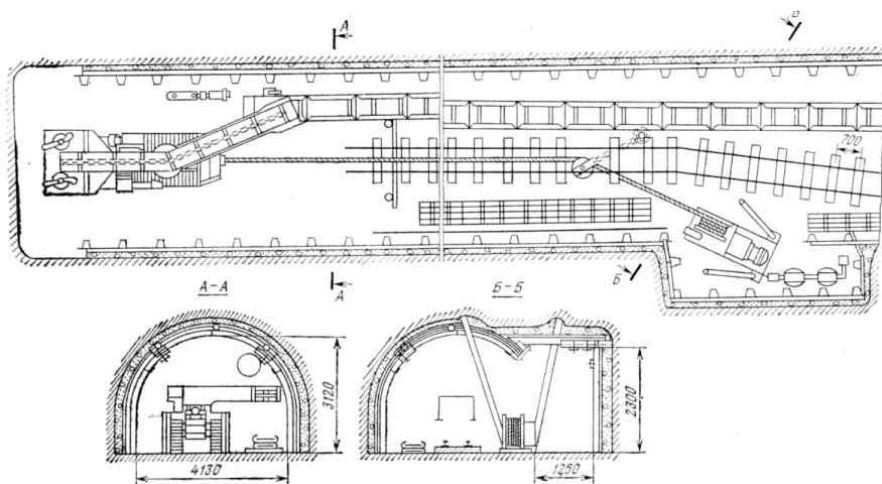


Рис. 38 – Проведення похилу буропідричним способом

IV. СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Лекція 17. СПОРУДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ВИРОБОК

Проведення вертикальних виробок

В залежності від стійкості та багатоводності гірських порід розрізняють звичайні та спеціальні способи спорудження стволів.

Звичайні способи застосовують при проходженні стволів по стійким та малообводним породам, коли вода з вибою може бути видалена на земну поверхню за допомогою водовідливних засобів, судин та насосів, а стінки ствола при оголенні до зведення кріплення залишаються стійкими. **Спеціальні** способи проведення застосовують у нестійких, пливучих, або у хоч і стійких, але дуже тріщинуватих та водоносних породах.

У залежності від прийнятої організації робіт у стволі (серед іншого, від способу та часу виконання основних процесів) по його проходженню, кріпленню та армуванню розрізняють чотири технологічні схеми (рис. 39):

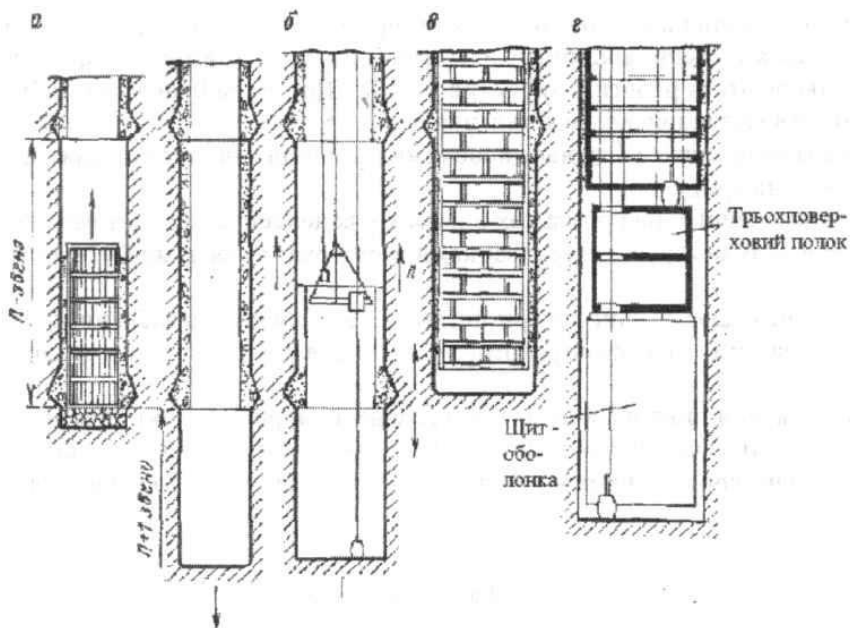


Рис. 39 – Технологічні схеми проведення стволів

- **послідовна** – проведення стволу відбувається окремими ланками (дільницями) – з **періодичним** виконанням у кожній ланці виймання породи та зведення постійного кріплення у різний час (а);
- **паралельна** – одночасне виконання виймання породи та зведення постійного кріплення у двох суміжних ланках (б);
- **сполучена** – постійне кріплення зводиться безпосередньо у вибої з частково неубраної підірваної породи (в);
- **паралельно-щитова** – замість тимчасового кріплення використовується сталевий щит-оболонка довжиною 5—18 м і постійне кріплення зводиться зверху вниз (г).

Послідовна схема рекомендується тільки для неглибоких стволів та шурфів діаметром менше 4 м й довжиною до 200 м. **Паралельна** схема використовується як виключення. **Сполучена** схема забезпечує найбільш просту організацію робіт та значно більш високу продуктивність праці, ніж у попередніх схемах. Вона також застосовується у будь-яких породах, при будь-яких діаметрах та глибинах стволів. **Паралельно-щитова** схема застосовується при використанні прохідницьких комплексів. Наявність щита-оболонки дозволяє вести роботи за паралельною схемою без застосування тимчасового кріплення. Застосовується при діаметрі більше 6,5 м та глибині понад 700 м.

Остаточний вибір технологічної схеми проходки відбувається на підставі техніко-економічного аналізу, виходячи з досягнення найбільшої швидкості проведення ствола, його мінімальної вартості та максимальної продуктивності праці прохідників.

Роботи з проходження стволів виконуються безперервно у чотири шестигдинні зміни та можуть бути поділені на три стадії: безпосередньо проходка, кріплення та армування стволу.

Кріплення вертикальних виробок

Бетонне і кам'яне кріплення. Кріплення з монолітного бетону застосовують товщиною 200—600 мм, воно характеризується монолітністю, значною міцністю, повним приляганням до породи, гарним зчепленням із нею, відносно невеликим аеродинамічним опором, довговічністю і вогнестійкістю.

Бетонне кріплення (рис. 40) будують як з опорними вінцями, так і без них. У першому випадку їх (вінці) влаштовують по висоті ствола через 20—40 мм і більш. Бетон для опорного вінця застосовують такий, що швидко твердіє.

З огляду на гарне зчеплення бетонного кріплення з породами і високою трюдомісткістю зведення опорного вінця при породах $f > 2$ застосовують кріплення з бетону, що швидко твердіє, без опорних вінців.

Кам'яне кріплення вертикальних стволів виконують звичайно з цеглини або бетонних каменів і будують у межах ланки в напрямку знизу нагору. Простір між

кріпленням і масивом забучують бетоном або дрібною породою, що заливається цементним розчином.

Переваги: відсутність опалубки при його зведенні, здатність сприймати навантаження відразу після його зведення.

Недоліки: гірший зв'язок із бічними породами, велика водопроникність через наявність швів, висока трудомісткість при зведенні кріплення і складність механізації.

Монолітне залізобетонне кріплення подібне бетонному, але завдяки наявності у ньому арматури спроможне сприймати також і розтягувальні напруження. Наявність арматури ускладнює і збільшує вартість роботи з кріплення, тому монолітним залізобетонним кріпленням кріплять стволи при великому нерівномірному гірничому тискові, ліквідації аварій, устя стволів і сполучення з приствольним двором.

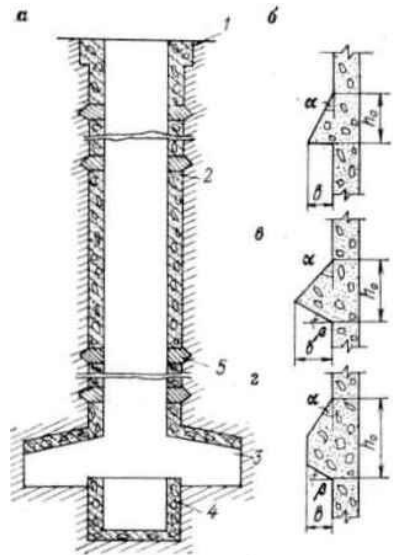
Збірне залізобетонне кріплення

застосовують головним чином для кріплення стволів круглого поперечного перетину. Кільцеві кріплення збирають із сегментів без спеціальних зв'язків між ними (блоків) або зі зв'язками (тюбінгів). Тюбінгове кріплення має велику несучу здатність: задовільно працює при несиметричних навантаженнях; спроможне сприймати гірничий тиск відразу; виготовляється індустріальним методом і не потребує опалубки при зведенні.

Недоліки: високий аеродинамічний опір, велика вартість; велика трудомісткість.

Металеve кріплення. Тимчасове металеве кріплення у вигляді кільць із швелерів застосовується при зведенні постійного кріплення в напрямку знизу нагору.

Кільця підвішують друг до друга на спеціальних підвісках із круглої сталі від 25—32 мм, установлюваних через 1—2 м. Кожне кільце, у залежності від діаметра ствола, збирається з 5—11 сегментів, що з'єднуються один з одним за допомогою накладок і конусних шпильок. Таке з'єднання забезпечує простоту зборки або розбирання кільця. Відстань між кільцями по висоті приймають 0,7—1,2 м. Стінки ствола затягують дерев'яною затяжкою з забутовкою виробленого простору породою. Тимчасове кріплення при зведенні постійного зазвичай знімається для повторного використання.



*Рис. 40 – а – бетонне кріплення
ствола:*

*1 – устя, 2 – кріплення, 3 – сполучення
із горизонтальними виробками, 4 –
зумпф, 5 – вінець; б – види віncів*

Постійне металеве кріплення виконується з чавунних (рідше сталевих) тюбінгів, відрізняється великою несучою здатністю, водонепроникністю і довговічністю. Застосовують його в складних гідрогеологічних умовах при спеціальних способах проходки і в інших особливих випадках. Відрізняється великою вартістю і великими витратами металу.

Дерев'яне кріплення. В даний час застосовують головним чином для кріплення шурфів, вертикальних виробок, що повстають, неглибоких стволів розвідницьких і експлуатаційних шахт при терміні служби не більш 10—15 років і невеликому гірничому тискові. Таке кріплення збирається з вінців прямокутної форми, що складаються з чотирьох елементів, які з'єднуються між собою за допомогою врубок. Розрізняють три види дерев'яного кріплення: суцільне, на стояках і підвісне (рис. 41).

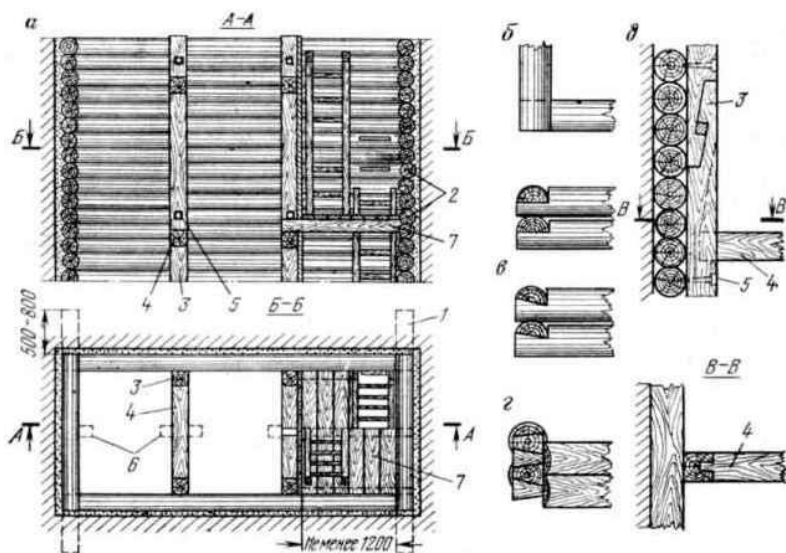


Рис. 41 – Дерев'яне вінцеве кріплення вертикальної виробки:

а – загальний вигляд; б, в – поєднання елементів в однібічну пряму і косу лапу; г – поєднання елементів в двобічну косу лапу; д – поєднання прогонів і розстрілів; 1, 2 – опорний і рядовий вінці; 3 – прогін; 4 – розстріл; 5 – глухар; 6 – провідник (направляюча); 7 – сходовий полок

Суцільне вінцеве кріплення збирається з вінців, що вкладаються один на одного. Елементи з'єднують врубками у вигляді однібічних і двобічних рам, прямих і косих. По висоті ствола через 3—8 м встановлюють опорні вінці, призначення яких сприймати вагу ланки кріплення, розташованого вище, а іноді і нижче опорного вінця.

Вінцеве кріплення на стояках складається з вінців, встановлених врозбивку через 0,5—1,5 м. Вінці кладуть на дерев'яні стояки, що розташовуються в кутах і в місцях примикання до вінців прогонів. Боки виробки між вінцями затягують дерев'яними затяжками, а закріплений простір забучують дрібною породою.

Відстань між опорними вінцями приймають від 5 до 12 м.

Підвісне вінцеве кріплення подібне вінцевому кріпленню на стояках, але відрізняється від нього тим, що вінці виготовляють із брусів прямокутного перетину, а по вертикалі між сусідніми вінцями крім стояків є зв'язки у вигляді металевих підвісок із міцної сталі діаметром 20—30 мм.

Армування вертикальних виробок

До армування вертикальних стволів (рис. 42) відносять конструкції, що монтуються в стволах для спрямування руху піднімальних судин, переміщення людей і прокладки труб і кабелів (розстріли, провідники, сходові полки й ін.) До деякої міри до армування можна віднести труби і кабелі. По роду матеріалу основних елементів – провідників і розстрілів – розрізняють армування дерев'яне, металеве і змішане.

Дерев'яне армування застосовують у стволах із дерев'яним кріпленням. При інших видах кріплення застосовують армування металеве або змішане.

Розстріли є основними несучими елементами армування. Розрізняють головні – до яких прикріплюють провідники, і допоміжні – для металевих і трубних відділень.

Провідники для піднімальних судин розділяють на жорсткі і гнучкі (канати). Другі застосовуються в основному при проходці стволів. У якості жорстких провідників використовують залізобетонні рейки або дерев'яні бруси, останнім часом – коробчасті профілі.

Сходові відділення влаштовують на допоміжних розстрілах і відшивають від інших відділень металевою сіткою, натягнутою на рамах із кутків.

Трубопроводи для відкачки води і подачі стиснутого повітря розташовують у сходовому або відособленому трубному відділенні і прикріплюють до розстрілів.

Кабелі закріплюють на спеціальних скобах, забитих у кріплення ствола по вертикалі через 3—6 м.

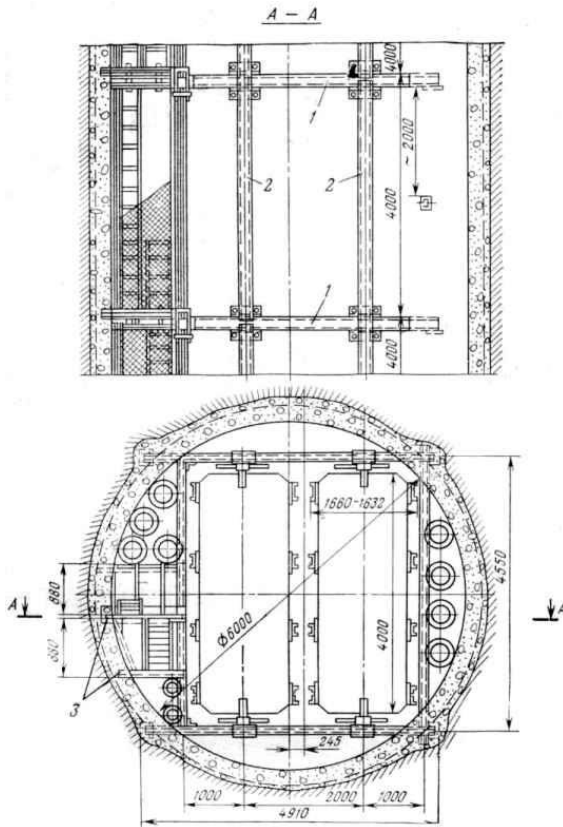


Рис. 42 – Армування вертикального ствола:
1 – головні розстріли; 2 – провідники; 3 – допоміжні розстріли

Лекція 18. Розсічка приствольного двора

Роботи з будівництва сполучень вертикального ствола з горизонтальними виробками і камерами приствольного двора називають розсічкою приствольного двору, яка виконується або після остаточного проведення ствола, або одночасно з його проходкою (застосування – відповідно при клітьових та скіпових стволах).

Сполучення рекомендується розташовувати у стійких породах у зв'язку гіршими умовами підтримання.

Звичайно форма сполучення покрівлі горизонтальної виробки зі ством приймається похилою, але може бути і прямокутною. При круглому перетині

ствола висота сполучення 4,5—6,5 м, при прямокутному – 3,5—5,5 м. При двоповерхових клітях висота визначається умовою одночасної посадки на обидва поверхи. Найчастіше сполучення двобічні, в окремих випадках – однобічні.

Виймання порід виконують звичайно буропідривним способом, із заходами по зниженню порушеності масиву гірських порід.

Для забезпечення безпеки робіт після виконання буропідривних робіт застосовують різноманітні види захисного тимчасового кріплення – залізобетонні та металеві анкери з сіткою, металеві верхняки з підхопленням на анкерах.

В залежності від гірничо-геологічних умов, форми сполучення, типу кріплення та обладнання, що застосовується, обирають одну з схем розсічки: суцільним забоєм, шарами зверху вниз (рис. 43), шарами знизу вверх, незалежними вибоями, комбіновану.

Розсічку сполучень **суцільним забоєм** застосовують у міцних породах ($f > 7$). В залежності від висоти сполучення вибій поділяють на 2—3 уступи. Випередження вибою верхніх уступів 1,5—2 м. У міцних та щільних породах тимчасове кріплення не застосовують; у міцних, але тріщинуватих породах встановлюють металеве аркове або анкерне кріплення з металевою сіткою або без неї.

Постійне бетонне кріплення зводиться у напрямку від вибою до ствола після проведення сполучення на повну довжину. Для розташування робітників використовують збірні підмостки. Навантаження породи виконують спочатку у стволі скрепером або вантажно-доставочними машинами, а потім грейфером – у бадді.

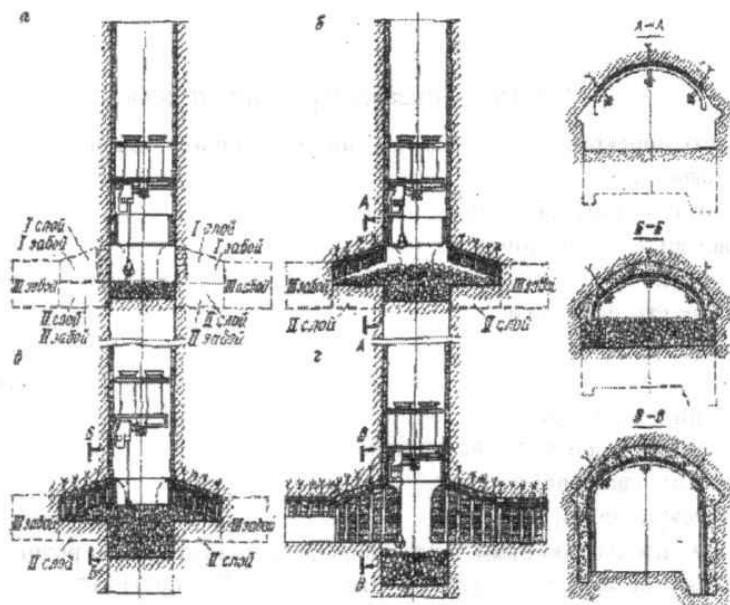


Рис. 43 – Схема розсічки приствольного двора

Розсічку **шарами зверху вниз** застосовують у породах середньої стійкості ($f = 4—6$). Сполучення по висоті поділяють на два шари, при значній висоті – на три шари (1,8—2,5 м висотою) – достатньо для розташування прохідницького обладнання. Проходження першого шару виконують з застосуванням аркового кріплення на анкерах (а, б) або із встановленням арок з двотавру або спецпрофілю, з використанням останніх в подальшому в якості жорсткої арматури залізобетонного кріплення сполучення. На рівні п'яти склепіння обробляють вруб під опірний вінець, який служить для утримання постійного бетонного або залізобетонного кріплення склепіння. При тимчасовому арковому кріпленні на анкерах його використовують при зведенні постійного кріплення в якості шаблону для опалубки (в). Після закінчення бетонування склепіння і ділянки ствола до п'ят склепіння ствол поглиблюють на одну-дві заходки і виконують проходку і кріплення нижньої частини (другого шару) сполучення (г).

Лекція 19. ПРОВЕДЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИРОБОК У СКЛАДНИХ УМОВАХ

Проведення виробок при суфлярному виділенні метану

В умовах виділення метану підривні роботи згідно з *ПБ* допускаються за умов, що перед заряджанням шпурів у вибої концентрація метану не перебільшує 1%. При суфлярному виділенні метану ці умови часто забезпечити неможливо.

Для пониження концентрації CH_4 до допустимих норм застосовують дегазацію пластів та гірських порід через випереджуючі свердловини, а також паралельно виконують посилене провітрювання виробки. Проведення робіт по дегазації виконують у відповідності з *Керівництвом щодо дегазації вугільних шахт (НАОП 1.1.30-6.02-80)*.

При суфлярному виділенні метану також добрі результати може дати цементація порід.

Проведення виробок при рапових викидах вугілля та газу

Проведення виробок по небезпечним та погрозливим пластам виконується за проектами, які розробляються відповідно з *СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ*. При наближенні виробки, що розкриває пласт необхідно за 10 м до нього нормально до нашарування бурити розвідницькі свердловини глибиною не менше 6 м кожна; розташування і відстань між ними встановлюється у залежності від кута падіння пласта та гірничо-геологічних умов (рис. 44).

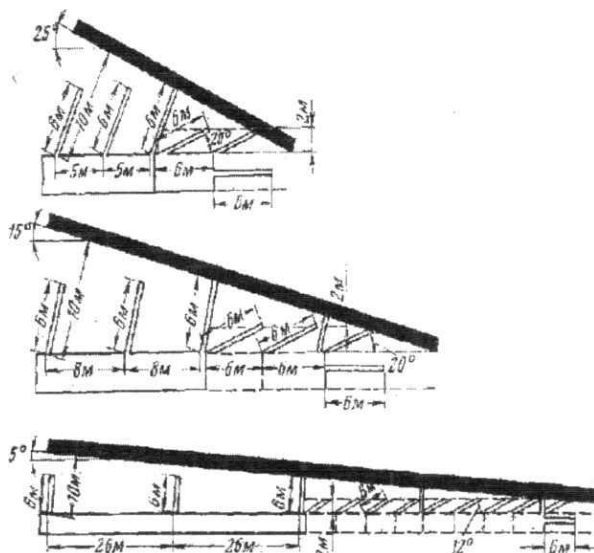


Рис. 44 – Схема розташування розвідницьких свердловин при різних кутах падіння пласта

У вибій виробки, що розкриває викидонебезпечний пласт, допускається не більше 3 чоловік одночасно. Підривні роботи ведуться у режимі струсуювального підривання.

Для попередження викидів та забезпечення безпечних умов роботи для працюючих застосовується ряд заходів: попередня надробка або підробка пласта, гідрообробка пласта, зведення випереджуючого металевго каркасу, буріння випереджуючих свердловин, гідророзмив пласта та ін.

Нагнітання води у пласт виконується через 5-6 свердловин, які розташовуються по периметру виробки таким чином, щоб масив оброблявся на відстані не менше 4 м від контуру виробки. У центрі вибою буриться контрольна свердловина діаметром 80-250 мм (рис. 45).

У тих випадках, коли тиск газу нагнітанням води знизити не вдається до необхідного рівня, розкриття пласту виконують шляхом **зведення металевго каркасу** (рис. 46), бурінням випереджуючих свердловин та ін.

Горизонтальні підготовчі виробки по пластам вугілля, що небезпечні за раптовими викидами, слід проводити після їх надробки або підробки захисними пластами. Якщо це неможливо, то перед проведенням виробок застосовують так звані **регіональні методи боротьби з раптовими викидами**: попередня дегазація пласта, профілактичне зволоження пласта через довгі свердловини.

Якщо неможливе застосування регіональних способів, використовують **локальні**: буріння випереджуючих свердловин, гідровимивання випереджуючих на 5—10 м порожнин шириною на 1,5—2 м більше ширини виробки, рихлення вугілля у масиві камуфлетно-струсуювальним підриванням і торпедуванням та ін.

Похилі виробки по викидонебезпечним пластам проводять зверху вниз.

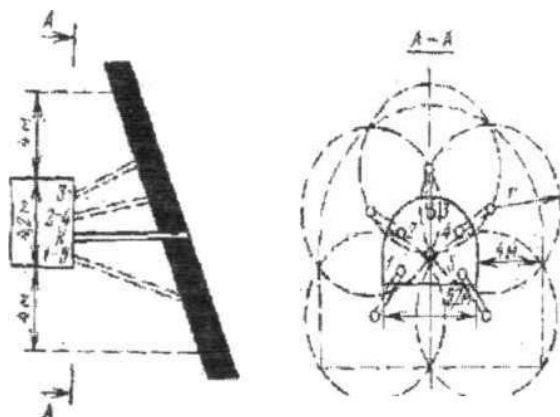


Рис. 45 – Розташування свердловин у вибої для гідрообробки вугільного масиву:
1—5 – зволожувальні свердловини; к – контрольна свердловина

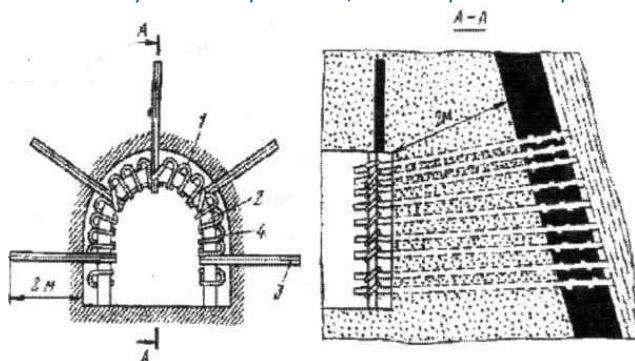


Рис. 46 – Зведення металевого каркасу:
1 – труби; 2 – арка металевого кріплення; 3 – анкери; 4 – хомути

Проведення виробок при підосвах, схильних до здимання

Для усунення здимання підосви знижують напружений стан порід навколо виробки шляхом застосування систем розробки без ціликів, проведенням штреків широким забоем у зоні розвантаження під виробленим простором, попереднім осушенням масиву. В породах, схильних до здимання слід уникати застосування БПР, оскільки вони сприяють здиманню.

Якщо під породами підосви на глибину 1,5—2 м залягають міцні стояки породи, можливе використання анкерного кріплення (рис. 47, а).

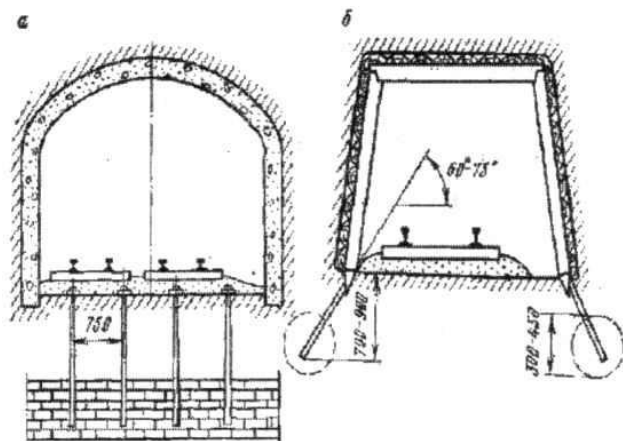


Рис. 47 – Зміцнення схильних до здимання порід підшви:
а – анкерним кріпленням; б – камуфлетними зарядами

Можливе також камуфлетне підривання у боків виробки в підшві (рис. 47, б); глибина шпурів 0,7—0,9 м через 0,6—0,8 м, 100—125 г амоніта.

Найбільш ефективний спосіб боротьби з здиманням підшви — використання замкнутого кріплення.

Проведення виробок у нестійких та водоносних породах

Якщо породи при оголенні зберігають стійкість на ділянці, достатній для встановлення однієї рами, горизонтальні виробки проводять зі зведенням кріплення впритул до вибою.

Якщо це неможливо, застосовують випереджуюче забивне кріплення, що являє собою дошки товщиною 50—75 мм та довжиною 1,5—2 м, що забивають у вибій під кутом 15—20° до осі виробки.

Для забезпечення більших швидкостей проведення виробок у нестійких породах застосовуються спеціальні щити, механізовані та немеханізовані.

Немеханізований щит — це конструкція, що складається зі збираної передньої частини, що заглиблюється у масив та циліндру декілька більшого діаметру, ніж кріплення, під захистом якого виконуються роботи у вибої. Щит заглиблюється у вибій домкратами, що упираються в уже встановлене кріплення.

Механізовані щити обладнані робочими органами для руйнування та навантаження породи, і зведення кріплення.

При проведенні горизонтальних виробок у водоносних породах неглибоко від поверхні застосовують їх осушення свердловинами з поверхні уздовж майбутньої траси розташування виробки.

Остаточні гідростатичні напори підземних вод знижують забивними фільтрами, дренажними колодзями, голкофільтровими установками (відповідно для покрівлі та підшви виробки).

Для зниження припливів води при проведенні виробок по міцним тріщинуватим породам застосовують також їх попередню цементацію, заморожування, плавку, фізико-хімічне зміцнення та інші способами, які викликають зміцнення та ущільнення породного масиву біля виробки.

Література

Основна:

Гузев А. Г., Гудзь А. Г., Пономаренко А. К. Технология строительства горных предприятий. Київ-Донецьк : Вища школа, 1986. 390 с.

Бабиюк Г. В. Процессы горнопроходческих работ / Учебн. пособ. Алчевск : ДГМИ, 2003. 360 с.

Смирняков В. В., Вихарев В. И., Очкуров В. И. Технология строительства горных предприятий. Москва : Недра, 1989. 573 с.

Rock Excavation Handbook. Tamrock, 1999.: https://minerotunelero.files.wordpress.com/2015/06/excavation_engineering_handbook_tamrock.pdf

Насонов И. Д., Федюкин В. А., Шуплик М. Н. Технология строительства подземных сооружений. Ч. I. Строительство вертикальных выработок. Москва : Недра, 1983.

Насонов И. Д., Федюкин В. А., Шуплик М. Н. Технология строительства подземных сооружений. Ч. II. Строительство горизонтальных и наклонных выработок. Москва : Недра, 1983.

Техника и технология горноподготовительных работ в угольной промышленности / Под. ред. Э. Э. Нильвы. Москва : Недра, 1991.

Вальцев М. М. Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах: учебн. пособие для ВУЗов. Москва : Недра, 1989. 240 с.

Додаткова:

Шевцов М. Р., Таранов П. Я., Левит В. В., Гудзь О. Г. Руйнування гірських порід вибухом: Підручник для вузів. 4-е видання, перероб. і доп. Донецьк : ТОВ “Лебідь”, 2003. 272 с.

Пшеничный Ю. А., Левит В. В. Конспект лекций по дисциплине «Технология сооружения горных выработок в сложных горно-геологических условиях (специальные способы строительства)» : Учебное пособие. Донецк : ООО «Лебедь», 1997. 220 с.

Большинский М. И., Вайнштейн Л. А., Колесов П. О. Проведение выработок по выбросоопасным угольным пластам и породам. Москва : ЦНИИУголь, 1991. 216 с.

Фролов В. П. Сооружение горных выработок при разработке рудных месторождений. Москва : Недра, 1987.

Нормативна:

Правила безпеки у вугільних шахтах (НПАОП 10.0-1.01-10). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>

Правила технічної експлуатації вугільних шахт (СОУ 10.1-00185790-002-2005). Київ : Мінвуглепром України, 2006. 353 с.

Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення (НПАОП 0.00-1.66-13). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z1127-13#n15>

СНИП II-94-80. Подземные горные выработки. Москва : Стройиздат, 1982. 32 с.

Єдині норми виробітку на гірничопідготовчі роботи для вугільних шахт / Мінво палива та енергетики України, Донецький ЦОП. Київ : Мінпаливенерго України, 2004. 302 с.

Керівництво щодо проектування вентиляції вугільних шахт (НПАОП 10.0-7.08-93) [Текст]. Київ : Основа, 2011. 494 с. (або видання Київ : Основа, 1994. 312 с.).

Довідкова:

Строительство стволов шахт и рудников: Справочник / Под. ред. О. С. Докучкина и Н. С. Болотских. Москва : Недра, 1991. 516 с.

Гелескул М. Н., Каретников В. Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок. Москва : Недра, 1985.

Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок / М. Н. Гелескул, В. Н. Каретников. Москва : Недра, 1982.

Унифицированные типовые сечения горных выработок. В 3-х томах. Київ : Будівельник, 1972. Т. 1-3.

Інформаційні ресурси

Авторський сайт супроводження курсу: <https://sites.google.com/site/kiitsgv>
Крепи НПЦ "Геомеханіка": <http://www.geomehanika.com.ua/products.html>

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни
ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК
для студентів спеціальності 184 «Гірництво»

Укладачі:
Леонід Леонідович Бачурін
Ярослава Павлівна Бачуріна
Олександр Олександрович Ісаєнков

Навчально-науковий індустріальний інститут
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 4,5.
Друк лазерний. Тираж 10 прим.

Надруковано у видавничому центрі ДонНТУ