

**Тема:** Вивчення конструкцій та розрахунків кріплення горизонтальних та похилих виробок на міцність

**Мета:** 1. Закріплення та поглиблення отриманих теоретичних знань при вивченні тем «Класифікація кріпильних матеріалів та вимоги до них», «Кріплення гірничих виробок, класифікація та вимоги».  
2. Придбання навичок розрахунку дерев'яного та металевих аркового кріплення.  
3. Виховання професійної самостійності.

**Матеріальне забезпечення:** макети, стенди, плакати, паспорти проведення виробок, калькулятор.

**Література:** 1. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н. и др. Основы горного дела. – М.: Недра, 2003  
2. Гайко Г. І. Конструкції кріплення підземних споруд: Навч. посіб. – Алчевськ: ДонДТУ, 2006. – 133с.

### Зміст роботи

1. Повторити основні теоретичні відомості.
2. Згідно варіанту вибрати початкові дані для розрахунку кріплення (див. табл. 2.2).
3. Визначити гірський тиск у виробці.
4. Розрахувати параметри кріплення згідно наведених в основних теоретичних відомостях методики та прикладу розрахунку кріплення.
5. Відповісти на контрольні запитання (див. табл. 2.3).

### Основні теоретичні відомості

#### **1 Поняття про гірський тиск**

В земній корі шари порід, що залягають вище, своєю масою тиснуть на породи, що знаходяться нижче, а останні чинять опір цьому тиску. Таким чином, в незайманому гірничими роботами масиві ці сили знаходяться в **рівновазі**, а породи – в **напруженому стані**.

Цей напружений стан характеризується густиною порід і глибиною їх залягання. Тому будь-яка частинка породи сприймає тиск не тільки зверху і знизу, але й з боків. Це викликає появу в ній рівних за величиною, але протилежних за напрямом внутрішніх сил, що називаються **силами пружності**.

До проведення гірничої виробки шари гірничих порід щільно прилягають один до одного (знаходяться в природному зв'язку), причому кожний з них витримує навантаження шарів, що знаходяться вище. При проведенні гірничої виробки ця рівновага порушується, настає перерозподіл напруг навкруг гірничої виробки. Останні можуть перейти межу міцності порід, настане їх руйнування і зміщення. Такі явища, що виникають в масиві гірничих порід після проведення виробки, називаються **деформаціями порід**.

Для зони руйнування порід характерне поступове зменшення ступеня їх руйнування і збільшення напруг в напрямку від контуру виробки у глибину масиву. Цю зону прийнято називати **областю зниження напруг**, або **областю непружних деформацій**.

Внаслідок утворення області непружних деформацій на її межі відбувається новий перерозподіл напруг. За її межами виникає **область підвищених напруг**, або **область опорного тиску**, яка далі вгору поступово переходить в область, в якій напруги відповідають первинним.

Таким чином, напруги на контурі виробки практично дорівнюють нулю, а на межі області непружних деформацій перевищують первинні, властиві незайманому масиву.

Поступове обрушення порід продовжується до утворення деякої поверхні неправильного обрису, яку можна назвати склепінням.

Гірські породи найкраще чинять опір стиску. Тому, якщо покрівлі виробки надати форму склепіння, при якій породи в основному працюють на тиск, то тим самим буде забезпечена найбільша її стійкість.

Таке склепіння називають **склепінням обрушення**. За його межами утворюється **склепіння природньої рівноваги порід**.

**Гірський тиск** – напруги, що виникають в масиві, який оточує гірничу виробку.

Питання вивчення гірничого тиску тісно пов'язані з параметрами кріплення і забезпеченням безпеки від завалів гірничих виробок.

## 2 Гірський тиск в підготовчих виробках

В горизонтальних виробках найбільш типовим є гірський тиск зі сторони покрівлі, що проявляється в результаті прогинання порід, а далі тріщиноутворення. Для попередження чи зниження розвитку деформацій порід споруджують кріплення, яке працює разом з породою (система „*порода - кріплення*”). Область непружних деформацій розширюється до зони припинення деформацій порід, внаслідок чого величина тиску поступово зростає, і, досягнувши деякої величини, стає постійною.

Боковий гірський тиск спостерігається при наявності в боках виробки порівняно слабких порід, головним чином глинистих. В цьому випадку проходить видавлювання порід підшви у виробку, тобто *видування порід*, яке може підсилюватися внаслідок послаблення зв'язку порід при їх зволоженні.

Тиск на кріплення в різні моменти часу після проведення виробки має різну величину. Спочатку тиск на кріплення зростає протягом декількох діб, досягаючи деякої максимальної величини. Гірський тиск в цей період часу називають *невстановленим* (або *первинним*). Після цього настає період, коли гірський тиск стає постійним, зберігаючи максимальну величину або дещо зменшується. В цей період зміщення порід, що оточують виробку, припиняється, так як породи взаємодіючи з кріпленням, приходять в стан рівноваги. Тиск на кріплення в цей період називають *встановленим* (або *вторинним*).

Стан рівноваги в породах може бути знову порушеним при перекріпленні чи при проведенні суміжної виробки, а також при впливі очисних робіт поблизу гірничої виробки.

При цьому знову спочатку виникає невідновлений гірський тиск, який через деякий проміжок часу стає встановленим.

## 3 Розрахунок гірничого тиску в підготовчих виробках

### а) в горизонтальних виробках

Для пояснення проявів гірничого тиску на кріплення горизонтальних виробок найбільше визнання отримала гіпотеза склепіння природної рівноваги проф. М.М.Протодьяконова, сутність якої полягає в наступному.

Після проведення гірничої виробки над нею утворюється деяке склепіння, за контуром якого порода залишається непорушеною. Всередині цього склепіння проходить поступове руйнування порід.

Таким чином, руйнуватись і обривуватись у виробку будуть тільки породи, що знаходяться всередині склепіння, і, відповідно, на кріплення, встановлене у виробці, тиск буде чинити не вся товща порід, що залягають вище, а та їх частина, яка обмежена контуром склепіння. Таке припущення дозволяє застосувати для розрахунків закони сипких тіл з врахуванням існуючих в гірничих породах сил зчеплення.

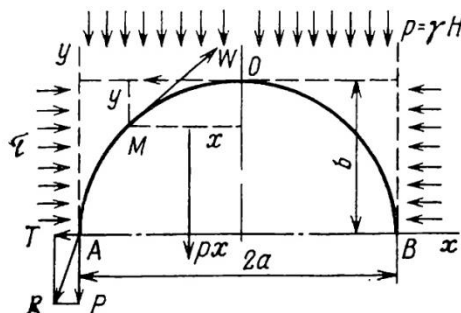


Рис. 2.1 - Схема для розрахунку величини гірничого тиску в горизонтальній виробці за гіпотезою проф. М.М.Протодьяконова

Уявно виділену ділянку *МО* склепіння природної рівноваги (рис. 2.1) при умові рівномірного навантаження порід, що розташовані вище, буде знаходитися у рівновазі при умові, що сума моментів діючих на нього сил відносно будь-якої точки, наприклад *М* з координатами *x* і *y*, дорівнює нулю.

На ділянку склепіння *МО* діють:

- сила *P* – рівнодіюча рівномірно розподіленого вертикального навантаження, що рівна за величиною  $\rho x$  і яка прикладена до середини відрізка *x*;
- реакція *T* правої частини склепіння (горизонтальний розпір склепіння), що направлена по дотичній до кривої склепіння і прикладена до точки *O*;

• реакція  $W$  нижньої частини лівої половини склепіння, що направлена по дотичній до кривої склепіння і яка прикладена в точці  $M$ .

При умові рівноваги додток моментів цих сил відносно точки  $M$

$$px = x/2 - Ty = 0 \quad (2.1)$$

Розв'язуючи рівняння (2.1) відносно  $y$ , отримаємо:

$$y = Px^2/(2T) \quad (2.2)$$

Отриманий вираз (2.2) є рівнянням параболи. Тобто, склепіння природної рівноваги має параболічну форму.

В точці  $A$  попереднього рівняння направляючої кривої склепіння прийме вигляд:

$$b = pa^2/(2T) \quad (2.3)$$

Проф. М.М.Протодьяконов встановив, що при незв'язаній (крихкій) породі найбільша стійкість склепіння буде при його висоті:

$$b = a/f \quad (2.4)$$

де  $a$  – напівпроліт склепіння, м;

$f$  – коефіцієнт внутрішнього тертя.

За теорією природної рівноваги тиск на кріплення гірничої виробки визначають масою породи в об'ємі, що позначений лінією склепіння  $AOB$ . При площі параболічного склепіння  $S=4/3ab$  і щільності породи  $\gamma$  навантаження на 1 м виробки складе:

$$P = 4/3 ab\gamma = 4/3(a^2/f)\gamma \quad (2.5)$$

В породах зв'язаних, напівскальних і скальних  $f$  відповідає коефіцієнту міцності порід.

Розрахована за цією формулою величина гірничого тиску відповідає дійсності лише при заляганні в покрівлі виробки порід незв'язаних. В породах зв'язаних результати тиску на кріплення будуть дещо завищеними.

Крім гіпотези проф. М.М.Протодьяконова існують гіпотези гірничого тиску на кріплення горизонтальних виробок М.М.Покровського, В.Д.Слюсарева, К.В.Руппенейта, Ю.М.Лібермана і ін. При підрахунку величин гірничого тиску за цими гіпотезами отримуються великі розбіжності в даних навантаження на кріплення. При проектуванні гірничих робіт найчастіше приймають конструктивні параметри кріплення горизонтальних виробок, беручи за основу дані практики.

Для виробок зі строком служби більше одного року висота зведення визначається по формулі:

$$v = 2a/f \quad (2.6)$$

Величина вертикального гірського тиску дорівнює масі породи, замкненої в зведенні, і визначається по формулам:

- на 1 м довжини виробки:

$$P_B = \frac{4}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_{покp.}}{f} \quad (2.7)$$

- на одну кріпильну раму:

$$P^1_B = \frac{4}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_{покp.}}{f} \cdot l \quad (2.8)$$

де  $\gamma_{покp.}$  – щільність порід покрівлі, т/м<sup>3</sup>;

$l$  – відстань між кріпильними рамами, м.

При строку служби виробки більше 1 року тиск визначається по формулам:

- на 1 м довжини виробки:

$$P_B = \frac{8}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_{покp.}}{f} \quad (2.9)$$

- на одну кріпильну раму

$$P^1_B = \frac{8}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_{покp.}}{f} \cdot l \quad (2.10)$$

Якщо в стінках виробки породи не достатньо стійкі ( $f \leq 4$ ), то гірниче кріплення буде відчувати тиск і зі сторони боків ( $P_\delta$ ). Боковий гірський тиск (рис. 2.2) визначається як тиск сповзаючої призми з боків виробки, навантаженої зверху породою призми в покрівлі виробки. При цьому проліт і висота зведення обвалення збільшується.

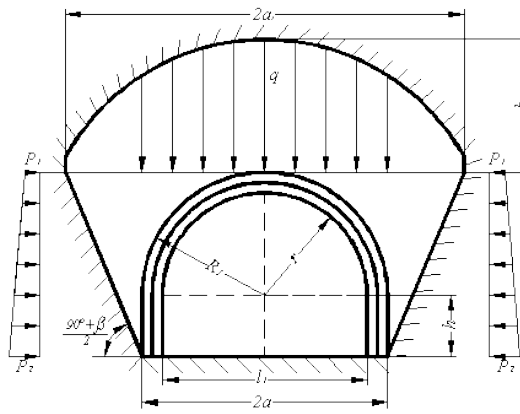


Рис. 2.2 – Схеми до визначення гірського тиску на горизонтальну виробку

Напівпродіт зведення обвалення:

$$a_1 = a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_0}{2} \quad (2.11)$$

Висота зведення обвалення:

$$b_1 = \frac{a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_0}{2}}{\operatorname{tg} \varphi_K} \quad (2.12)$$

де  $h$  – висота виробки в проходці, м;

$\varphi_0$  – кут внутрішнього тертя порід в боках виробки, град.;

$\varphi_{\text{покр.}}$  – кут внутрішнього тертя порід покрівлі, град.

Величина гірського тиску на 1 м виробки:

$$P_B = \gamma_{\text{покр.}} \cdot a \cdot b_1 \quad (2.13)$$

Величина бічного гірського тиску на 1 м виробки:

$$P_0 = \frac{h \cdot \gamma_0}{2} (2b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_0}{2} \quad (2.14)$$

де  $\gamma_0$  – щільність порід в боках виробки, т/м<sup>3</sup>.

#### б) в похилих виробках

Похилі виробки за проявом гірничого тиску займають проміжне положення між горизонтальними і вертикальними виробками. Для визначення величини гірничого тиску в похилих виробках можуть бути використані методи, що застосовуються до горизонтальних виробок.

В залежності від характеру порід спочатку визначають величину гірничого тиску  $P$ , що діє по вертикалі, а потім з врахуванням кута нахилу виробки  $\alpha$  розкладається на дві складові сили (рис. 2.3): нормальну  $N$ , що направлена до поздовжньої осі виробки, і тангенціальну  $T$ , паралельну їй.

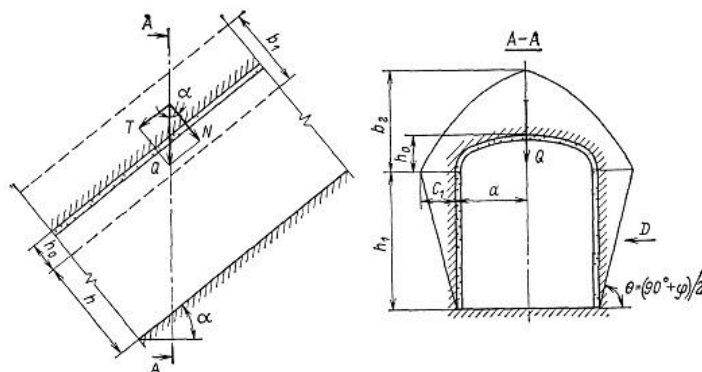


Рис. 2.3 - Схеми до визначення гірського тиску в похилій виробці

Нормальна складова  $N$  безпосередньо діє на кріплення і визначає її необхідну міцність.

$$N = P \cdot \cos \alpha \quad (2.15)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу виробки, град.

Тангенціальна складова  $T$  намагається зсунути кріплення вниз по падінню і перекинути його, тобто впливає на стійкість кріплення.

$$T = P \cdot \sin \alpha \quad (2.16)$$

Тангенціальна складова гірничого тиску викликає зсув порід покрівлі, що частково сприймається кріпленням, в якому виникають додаткові напруги до існуючих від тиску, спричиненого нормальною складовою.

Кріпильні рами в похилих виробках встановлюють в площині, перпендикулярній до вісі виробки. Тому при розрахунку кріплення основною розрахунковою величиною є нормальна складова  $N$ . Тангенціальна складова  $T$  намагається посунути кріплення вниз, тому вона використовується для розрахунку елементів міжрамних стяжок.

При кутах нахилу виробок  $0-45^\circ$  в розрахунках приймається дійсний кут, при кутах  $45-75^\circ$  – кут  $45^\circ$ . Тоді

$$N = P \cdot \cos 45^\circ = 0,7 \cdot P \quad (2.17)$$

При кутах нахилу більше  $75^\circ$  тиск визначають як для вертикальних виробок.

Бічний тиск в похилих виробках:

$$P_{\phi} = \frac{h_1 \gamma_{\phi}}{2} (2\epsilon_1 + h_1) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \phi_{\phi}}{2} \quad (2.18)$$

де  $h_1 = h \cdot \cos \alpha$  – вертикальна висота виробки, м.

#### в) у вертикальних виробках

За гіпотезами М.М. Протод'яконова та П.М. Цимбаревича в сипучих чи умовно сипучих породах (тріщинуватих з малим щепленням) тиск на кріплення може бути визначений згідно теорії тиску ґрунту на підпорну стінку висотою, яка дорівнює глибині ствола.

При натурних спостереженнях і моделях виявлено, що з деякої глибини тиск на кріплення мало змінюється, а більше залежить від властивостей порід і розмірів площі перерізу стовбура, тобто навколо стовбура утворюється обмежена кільцева зона, яка і визначає навантаження на кріплення.

На основі натурних спостережень навантаження на кріплення ствола в корінних породах середньої стійкості та нестійких визначають по формулі:

$$P = n \cdot n_y \cdot n_n \cdot p^H [1 + 0,1(R-3)] \quad (2.19)$$

де  $n$  – коефіцієнт перевантаження;

$n_y$  – коефіцієнт умов роботи кріплення;

$n_n$  – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження по периметру;

$p^H = (5 \div 23) \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$  – нормативне навантаження;

$R$  – радіус ствола в світу, м.

Рекомендовано приймати: при бетонному, тубінговому та блочному кріпленнях  $n=1,25$ ;  $n_y=0,5$ ; величина  $n_n$  приймається при послідовній та паралельній схемах проходження ствола рівною 2-2,75, а при суміщеній 1,75-2,25 в залежності від кута падіння порід ( $0-30^\circ$ ).

## 4 Дерев'яне кріплення

Основною конструкцією дерев'яного кріплення є неповна кріпильна рама (рис. 2.4, а, в, г), яка складається з трьох елементів: верхняка 1 і двох стояків 2.

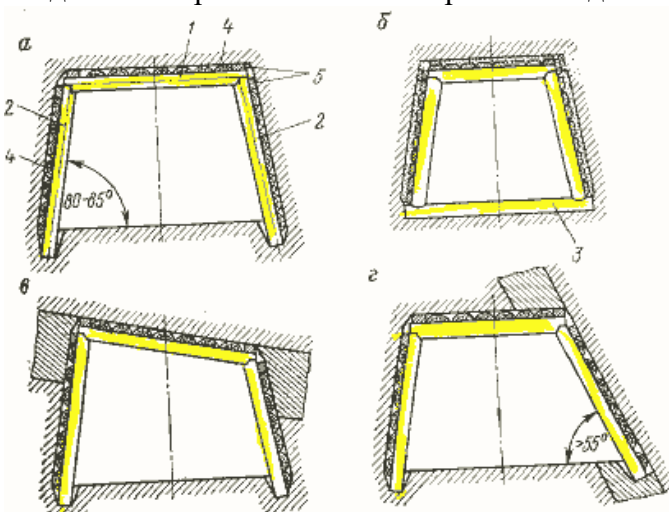


Рис. 2.4 – Конструкція дерев'яного кріплення:

1 – верхняк; 2 – стояки; 3 – лежень; 4 – з'ягаска;  
5 – клини

Ріже використовують повні кріпильні рами (рис. 2.4, б), коли в них додають четвертий елемент – лежень. Неповні кріпильні рами використовуються в породах з  $f=3-9$ , а повні – з  $f=1-2$  та пучащих породах підосви.

Кріпильні рами трапецієподібної форми з горизонтальним верхняком та кутом нахилу стояків в рамі  $80-85^\circ$  використовують при будь-якому куті залягання пласта. Не симетричної форми кріпильні рами використовують в штреках, щоб не порушувати суцільності порід покрівлі; при заляганні пласта до  $12^\circ$  (рідше до  $25^\circ$ ) рами встановлюють з похилим верхняком по покрівлі пласта (рис. 2.4, в), при крутому (більше  $55^\circ$ ) заляганні – з горизонтальним верхняком і похилою однією стійкою по покрівлі пласта (рис. 2.4, г).

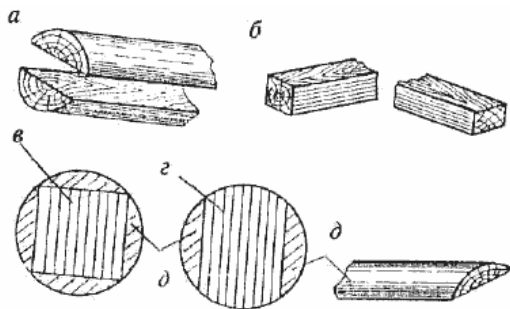


Рис. 2.5 – Сорти пиляного лісу

Елементи рам виготовляють з круглого лісу діаметром 16-34 см. В залежності від міцності порід і ширини виробки кріпильні рами встановлюють щільно одна до одної (суцільне рамне кріплення) або на відстані 0,5-1,2 м одна від іншої (кріплення врозбіг). В останньому випадку покрівлю та боки виробки затягують обополоми або дошками (рис. 2.5).

**Шаг встановлення кріплення** – це відстань між рамами. **Замок** – з'єднання елементів кріплення між собою (рис. 2.6).

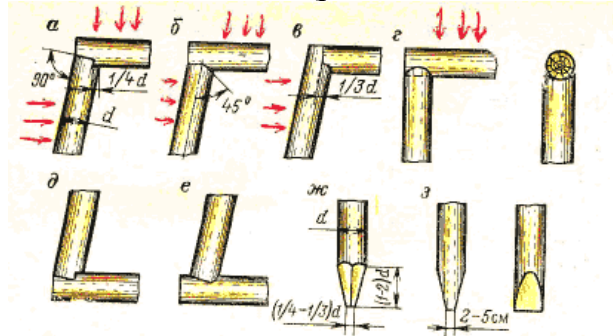


Рис. 2.6 – З'єднання елементів кріплення і вузли піддатливості дерев'яних рам:

а, б, в – стояків і верхняків в лапу; г – в паз; д – стояків і лежнів в лапу; е – в зуб; ж – загострення на конус; з – у вигляді клину

Найбільш розповсюдженим типом замка є з'єднання **в лапу**, так як воно дозволяє сприймати гірський тиск як зі сторони порід покрівлі, так і з сторони боків виробки. Ці рами є жорсткими і для надання їм вертикальної піддатливості нижні кінці стояків загострюють по формі конуса чи клину (рис. 2.6, ж, з). Під дією гірничого тиску загострені кінці стояків зминаються і рама осідає, не руйнуючись. Цієї піддатливості (10-15 см) недостатньо для кріплення, розташованого в зоні очисних робіт. Для попередження зміщення нижніх кінців стояків у виробку їх встановлюють в лунки глибиною 15-25 см.

Зведення неповної кріпильної рами починають з установки стояків в лунки. Стояки утримують обополоми, які прибиваються до раніш встановлених рам. На стояки вкладають верхняк. В зазор між рамою і боками виробки забивають клини (рис. 2.4, а), а обополоми знімають. Для забезпечення поперечної стійкості кріплення між сусідніми рамами проти замків встановлюють розпірки. Після цього виконують затягнення спочатку покрівлі, а потім боків виробки знизу наверх. Кінці затяжок з'єднують на рамі нахлестом. Простір між затяжками і боками виробки засипають (забучують) мілкою породою. При зведенні повної кріпильної рами спочатку вкладають лежень, а на нього встановлюють стояки і вкладають верхняк. Далі виконується послідовність дій така, як і при зведенні неповної кріпильної рами.

Метою розрахунку дерев'яного кріплення є визначення розмірів верхняків, стояків і затяжок. Так як стояки за розрахунком виходять менше діаметра верхняка – їх приймають такого ж діаметра, як і верхняк. Діаметр верхняка визначають за формулою:

$$d = 1,61 \cdot a \cdot \sqrt[3]{\frac{\gamma \cdot l}{f \cdot U_{32}}} \quad (2.19)$$

де  $a$  - половина ширини виробки в прохідці по покрівлі, см;

$\gamma$  - щільність порід покрівлі, кг/см<sup>3</sup>;

$l$  - відстань між осями рам, см;

$f$  - коефіцієнт міцності порід покрівлі;

$U_{32}$  - допустима напруга на згинання, кг/см<sup>2</sup>. Приймається для круглого лісу (колот) – 16 МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>); для пиляного лісу (дощок, обополів) – 130 МПа (130 кгс/см<sup>2</sup>).

Товщина дерев'яної затяжки (см):

$$c = \kappa \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\gamma \cdot a}{f \cdot U_{32}}} \quad (2.20)$$

де  $\kappa=0,87$  – коефіцієнт, який приймається для затяжок з дощок;

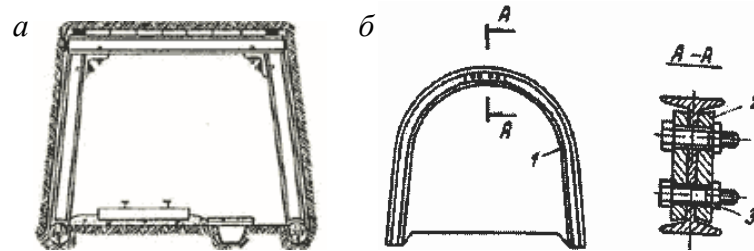
$\kappa=1,3$  – для затяжок з обополів.



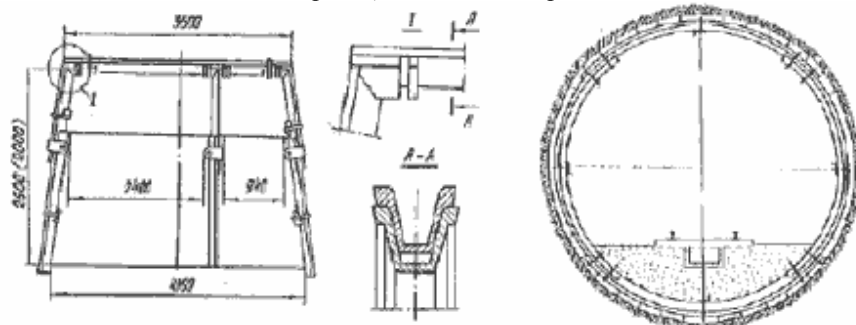
## 5 Металеве кріплення

На шахтах використовують наступні основні конструкції металевого кріплення: трапецієподібне, аркове і кільцеве жорстке кріплення (рис. 2.7) з двотаврових балок (№14–20) та податливе кріплення (рис. 2.8) з спецпрофілю СВП.

Жорстке кріплення використовують у виробках з довготривалим строком служби і в умовах встановленого гірничого тиску.



**Рис. 2.7 – Металеве жорстке кріплення:**  
а – трапецієподібне; б – аркове



**Рис. 2.8 – Металеве податливе кріплення МПК-1Т та металеве податливе кільцеве кріплення**

Найбільше розповсюдження ( $\approx 90\%$ ) отримало аркове податливе трьох і п'ятиланкове кріплення.

- **аркове піддатливе трьохланкове кріплення АКП-3** (рис. 2.9, а) складається з окремих арок, кожна з яких має 3 основні елементи (ланки): верхняк 1 і два стояки 2, які з'єднані між собою чотирма скобами 3 з планками 4 і гайками 5. Кінці верхняка телескопічно входять в стояки. Завдяки такому з'єднанню забезпечується піддатливість арки. Величина вертикальної піддатливості складає 300 мм і залежить від ступеня затягування гайок на скобах. При затягуванні гайок до відказу кріплення працює як місцеве.

- **аркове піддатливе п'ятиланкове кріплення АКП-5** (рис. 2.9, б) призначене для кріплення виробок в зоні впливу очисних робіт, на пластах потужністю більше 1 м, кутах залягання до  $25^\circ$ , в породах з міцністю  $2 \div 9$  і осадкою покрівлі більше 300 мм.

Арка складається з верхняка 1 і двох складових стояків, скріплених нахлистом скобами. Використання додаткових стояків 7 забезпечує піддатливість кріплення 500-700 і 1000 мм.

Зведення трьох і п'ятиланкового аркового піддатливого кріплення починають з встановлення стояків, які двома боковими стяжками з'єднують з раніш встановленою аркою. На стояки вкладають верхняк, щоб нахльостування дорівнювало 400 мм, і з'єднують їх двома парами скоб, попередньо заслонивши в замках між днищами стояка і верхняка дерев'яні клини. Гайки на скобах затягують гайковим ключем з рукояткою 0,45 м до видимого згинання планок. Після встановлення арки її розклинюють в замках на дерев'яних розпірках 9 клином 10, затягують покрівлю і боки виробки, а пустоти за затяжкою заповнюють мілкою породою.

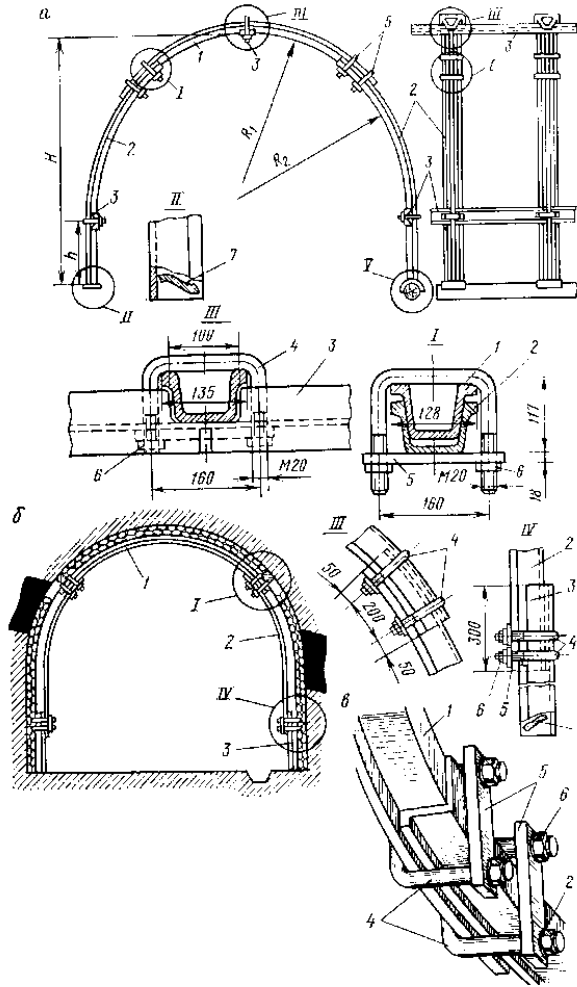
Тип спецпрофілю обирають в залежності від площі перерізу виробки в світу після осадки: СВП-14 і СВП-17 – до  $7 \text{ м}^2$ ; СВП-19 і СВП-22 – від 7 до  $10 \text{ м}^2$ ; СВП-27 і СВП-33 – вище  $10 \text{ м}^2$ .

Для розрахунку щільності кріплення при складанні паспортів кріплення виробок рекомендується приймати несучу здатність однієї арки в залежності від типу спецпрофіля і режиму роботи арки.

Таблиця 2.1 - Характеристика спецпрофілів

Режим роботи	Несуча здатність (опір) арки (кН) зі спецпрофілю					
	СВП-14	СВП-17	СВП-19	СВП-22	СВП-27	СВП-33
Режим піддатливий	110-130	140-150	160-170	180-190	200-220	230-250
В жорсткому режимі	230-240	250-260	270-280	290-300	310-350	360-400

Вказані несучі здатності арок відносять до кріплення штреків, розташованих на пологих пластах: в штреках, розташованих на похилих пластах, вказану несучу здатність арок зменшують на 18-20% через несиметричний тиск гірничих порід.



**Рис. 2.9 – Металеві аркові податливі кріплення зі спеціального профілю:**

*а – триланкові; б – п'ятиланкові; в – загальний вид податливого з'єднання елементів арки; 1 – верхня; 2 – стояки; 3 – міжрамні стяжки (на рис. 2.9, б - додаткові стояки); 4 – скоби; 5 – планки; 6 – гайки*

Спрощений розрахунок аркового кріплення зводиться до визначення максимальної відстані між арками.

$$l_{MAX} = \frac{p \cdot f}{40a^2 \cdot \gamma} \quad (2.21)$$

де  $p$  - несуча здатність (опір) арки; приймається по таблиці 2.1, кН;

$f$  - коефіцієнт міцності порід;

$a$  - половина ширини виробки в прохідці, м;

$\gamma$  - щільність гірничих порід, т/м<sup>3</sup>.

До переваг металевих піддатливих кріплень відносять наступне:

- всі елементи кріплення виготовляють з одного профілю;
- наявність конструктивної піддатливості;
- можливість вилучення і повторного використання після рихтування.

## Недоліки:

- неідеальна конструкція замка;
- велика кількість деталей;
- висока вартість.

Використання металевого кріплення в великих об'ємах дозволило значно покращити безпечний стан гірничих виробок і скоротити витрати на їх ремонт.

Вихідні дані для виконання лабораторної роботи №2 наведені в таблиці 2.2. Номер варіанту відповідає порядковому номеру студента в навчальному журналі групи.



Таблиця 2.2 – Вихідні данні

Номер варіанту	Найменування виробки	Кут нахилу виробки, $\alpha$ (град.)	Ширина виробки по покрівлі, $c$ (м)	Строк служби виробки, років	Висота виробки, $h$ (м)	Міцність породи покрівлі і боків виробки		Щільність породи покрівлі і боків виробки (кг/м <sup>3</sup> )		Кут внутрішнього тертя порід боків і покрівлі (град)	
						$f_{покр.}$	$f_b$	$\gamma_{покр.}$	$\gamma_b$	$\varphi_{покр.}$	$\varphi_b$
1	Штрек	0	3,8	3	3,2	4	2	2800	2800	25	30
2	Квершлаг	0	3,2	10	4,0	6	6	3200	2600	15	16
3	Уклон	12	4,0	6	3,0	5	4	2600	3000	15	20
4	Бремсберг	8	3,8	5	3,4	4	4	3000	2600	18	12
5	Штрек	0	3,5	4	2,8	2	2	2200	2000	23	28
6	Уклон	20	4,2	8	3,0	5	3	3400	3000	12	24
7	Штрек	0	3,0	11 міс.	2,8	3	2	2600	2200	25	29
8	Бремсберг	14	3,8	5	3,2	6	6	3300	3200	31	39
9	Квершлаг	0	4,2	9	3,6	7	5	3400	3000	15	20
10	Штрек	0	2,8	13	2,6	4	4	2700	2100	18	13
11	Уклон	18	3,6	4	3,0	5	5	3100	3100	22	14
12	Штрек	0	2,8	8 міс.	2,4	3	2	2400	2100	18	24
13	Збійка	14	2,0	4 міс.	2,2	4	3	2600	2800	12	15
14	Квершлаг	0	4,0	6	3,4	6	6	3300	3300	19	19
15	Бремсберг	29	3,8	3	2,6	10	8	3600	3400	21	23
16	Уклон	20	4,2	8	3,6	4	4	2800	2700	16	18
17	Штрек	0	3,2	2	2,8	5	3	2900	2900	17	25
18	Збійка	6	2,0	8 міс.	1,8	3	3	2400	2400	32	24
19	Квершлаг	0	3,8	7	3,2	2	2	2000	1800	28	20
20	Бремсберг	11	2,8	12	2,6	4	4	2300	2600	18	30
21	Уклон	15	3,5	3	3,0	3	5	2600	2200	13	19
22	Штрек	0	3,0	1,5	2,6	3	3	2100	2200	17	15
23	Збійка	16	2,2	3 міс.	2,0	4	4	2700	2700	22	20
24	Квершлаг	0	3,9	12	3,5	5	6	2900	3200	14	25
25	Бремсберг	16	4,0	5	3,8	6	6	3400	3400	26	26
26	Уклон	8	3,7	4	3,2	3	3	2800	2800	19	21
27	Штрек	0	3,8	1	3,0	5	5	3600	3600	32	39
28	Збійка	10	2,5	3	2,0	4	4	3000	2800	31	20
29	Квершлаг	18	3,2	10	2,8	6	6	3200	3200	21	18
30	Бремсберг	12	4,2	4	3,8	5	5	3000	3000	27	27

**Контрольні питання**

1. Дайте характеристику силам пружності.
2. Поясніть явища деформації гірничих порід.
3. Охарактеризуйте зони понижених напруг і зони непружних деформацій?
4. Дайте характеристику області підвищених напруг.
5. Поясніть, що таке склепіння природної рівноваги порід і як воно утворюється?
6. Роз'ясніть, що таке повна і неповна кріпильна рама? Яка між ними відмінність?
7. Дайте визначення гірському тиску.
8. Скажіть, чим зумовлюється податливість дерев'яного кріплення, наведіть його параметри.
9. Поясніть, чим зумовлюється податливість в металевому арковому кріпленні.
10. Охарактеризуйте складові сили, на які розкладається вертикальний тиск у похилих виробках.

Таблиця 2.3 – Таблиця варіантів до контрольних запитань

№ варіанту	№ питання	№ варіанту	№ питання
1, 11, 21	1, 6	6, 16, 26	1, 10
2, 12, 22	2, 7	7, 17, 27	2, 9
3, 13, 23	3, 8	8, 18, 28	3, 8
4, 14, 24	4, 9	9, 19, 29	4, 7
5, 15, 25	5, 10	10, 20, 30	5, 6