

Тема 1.4.1 Розрахунок дерев'яного кріплення

План

- 1 Історичний експурс
- 2 Базові конструкції кріплення
- 3 Технологія зведення дерев'яного кріплення
- 4 Розрахунок дерев'яного кріплення

1 Історичний експурс

Гірництво, яке започаткувало історію техніки, налічує багато тисячоліть. Сьогодні неможливо достеменно визначити, коли вперше почали використовувати деревину для запобігання обрушенню порід у гірничих виробках. Протягом тривалого часу гірниче кріплення в давніх рудниках було відсутнє, або його функції здійснювали породні цілики. Найдавніші рештки дерев'яних конструкцій були виявлені археологами в копальнях IV-III тис. до Р.Х. Спочатку кріплення мало стовпчасту форму у вигляді стояків (рис. 1), які розміщували між покрівлею й підшовою виробки (зазвичай – в середині її прольоту). Оскільки важко точно визначити необхідну висоту стояка, то його зведення передбачало наявність нижньої опори (прокладки) з каменя або дерева та розклинювання стояка в покрівлі. Пізніше з'явилася Т-образна форма кріплення (між покрівлею і стояком встановлювали дерев'яну поперечину), що значно зменшило ймовірність вивалів порід.

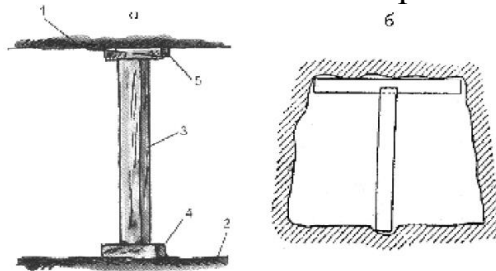


Рис. 1 - Перші конструкції дерев'яного кріплення:

*а – стояк, установлений в розпір підшови й покрівлі виробки
(1 – покрівля; 2 – підшова; 3 – стояк; 4 – опора; 5 – клин); б – Т-образна конструкція*

Суттєвим недоліком перших конструкцій стало перешкоджання вільному пересуванню по вузьких виробках, особливо при транспортуванні видобутих мінералів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми було використання поперечних балок (верхняків), які закріплювали між боками виробки поблизу покрівлі, із створенням дерев'яного настилу між поперечинами. Для спорудження кріплення в боковій стінці виробки робили лунку, в якій розташовували загострений кінець поперечини, а її другий кінець опирали на підп'ятник на протилежній стінці, причому підп'ятник встановлювали дещо вище рівня лунки. Під дією сил гірського тиску підп'ятник з наростаючим опором зміщувався по стінці, а верхняк приймав горизонтальне положення. При цьому несуча здатність поперечини зростала за рахунок дії розпірних зусиль, а виробка не захаращувалась стояками.

Грунтовним етапом удосконалення кріплення став винахід кріпильної рами. Стояки рами розміщувались в боках виробки і не заважали пересуванню людей і вантажів, а верхняк (поперечина) опирався на стояки за допомоги особливих з'єднань. Завдяки кращим можливостям функціонування виробок рамне кріплення набуло масового розповсюдження, хоча конструкція мала підвищену (в порівнянні до попередніх) матеріаломісткість.

2 Базові конструкції кріплення

Дерев'яне кріплення використовують у виробках шахт та рудників із сталим помірним гірським тиском (0,06–0,08 МПа) та обмеженим (до 3-х років) строком служби. Дерев'яне кріплення використовують переважно хвойних порід.

Переваги: невелика маса, порівняно невелика вартість, легкість обробки на робочому місці, простота конструкції, зручне в установці і транспортуванні.

Недоліки: недовговічність (термін служби 2-3 роки, іноді до 5 років), небезпека в пожежному відношенні, менша міцність в порівнянні з іншими матеріалами.

Основною конструкцією є трапецієвидна рама (рис. 2, а). Вона складається з трьох несучих елементів: верхняка 1 та двох стояків 2. Ці елементи виробляють з круглого дерева діаметром 16–30 см. Для закріплення рами в проектному положенні використовують клини 5, а міжрамний простір огорожують затяжками 4 з обох боків або розпилів. Переважне розповсюдження трапецієвидної форми було зумовлене кращим сприйняттям похилою стійкою бокового тиску, а також можливостями утримання затяжок на похилій поверхні стояків при зведенні кріплення. Кут нахилу стояків до горизонту складає близько 80°. Рами установлюють перпендикулярно повздовжній осі виробки, відстань між ними знаходиться в межах 0,5–1 м (можливе, також, суцільне розташування рам). Закріпний простір заповнюють уламками порід (забутівкою), що сприяє більш рівномірному розподілу навантажень.

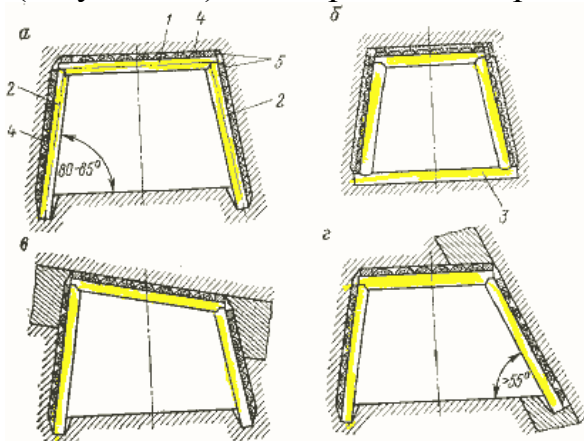


Рис. 2 - Дерев'яне рамне кріплення:
а, б – для горизонтального, в – для пологого, г – для крутого залягання порід; д – підсилена рама

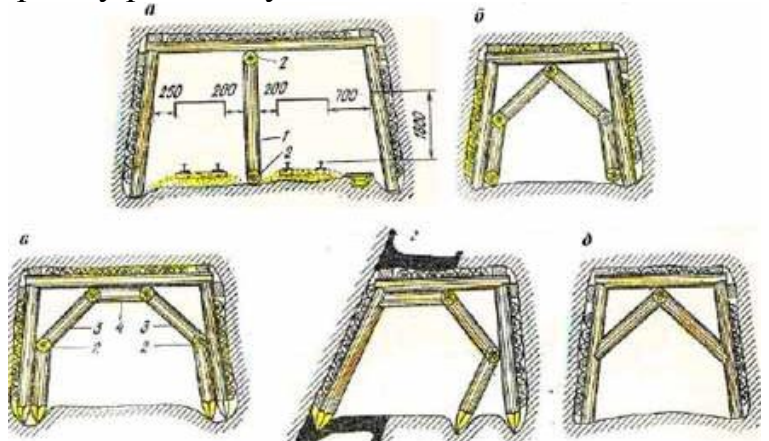


Рис. 3 – Підсилюючі кріпильні рами:
1 – ремонтна (середній стояк); 2 – прогон; 3 – підкіс;
4 – розпірка

У випадку деформацій порід підосви раму доповнюють четвертим елементом – лежем 3, при цьому формується повна (замкнена) кріпильна рама прямокутної форми (рис. 2, б). Неповні кріпильні рами застосовують в породах з $f=3-9$, а повні – з $f=1-2$ та здиманні порід підосви.

У разі пологого залягання міцних порід покрівлі (до 20-25°) доцільно використовувати раму з похилим верхняком (рис. 2, в), а на крутому падінні (більше 55°) стояк рами встановлюють під висячий бік (рис. 2, г). Завдяки цьому використовують несучу здатність шарів порід у покрівлі пласта, а також спрощують технологію проведення штреку.

При великих розмірах поперечного перерізу виробки або при значному гірському тиску застосовують посилені кріпильні рами. При тиску з покрівлі - посилюють верхняк (рис. 3, а), а при всебічному тиску - посилюють полігональним кріпленням (рис. 3, б, в, г, д), що встановлюється усередині звичайної рами. Для підсилення кріплення найчастіше використовують додатковий проміжний стояк

(ремонтину), який розміщують між верхняком і підшвою виробки з максимальним наближенням до середини її прольоту (рис. 3, а).

З'єднання елементів кріпильної рами має бути міцним, точним та простим у виконанні. Це з'єднання називають замком. Для з'єднання окремих елементів кріпильної рами використовують різноманітні типи вузлів (рис. 4).

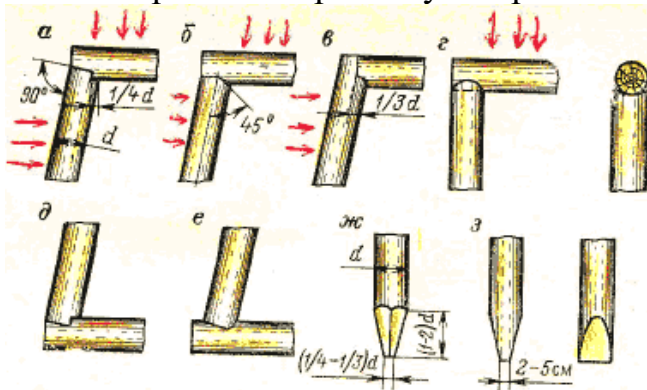


Рис. 4 - Вузли з'єднання елементів кріпильної рами та вузли податливості дерев'яних рам: а, б, в – з'єднання стояків та верхняка в лапу, г – в паз; д – з'єднання стояків та лежня в лапу, е – в зуб; ж – загострення стояків на конус (або у формі піраміди); з – у вигляді клину

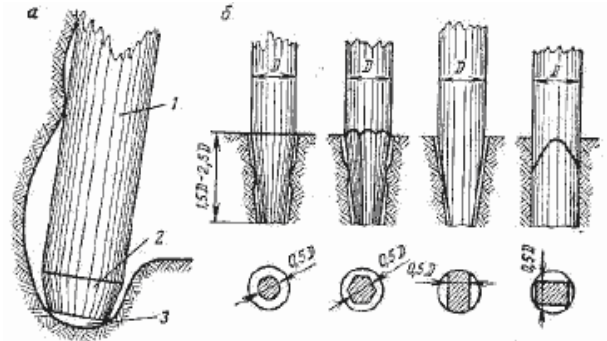


Рис. 5 – Закладення кінців стояків:

а – жорстке кріплення; б – податливе кріплення;
1 – стояк; 2 – кінець стояка, затесаного на конус;
3 – лунка

У випадку переважних навантажень з покрівлі виробки верхняк поєднують із стояками в лапу (рис. 4, а, б), що забезпечує на опорі роботу повного перерізу верхняка. При основному навантаженні з боків використовують вузол (рис. 4, в), в якому повним перерізом працює стояк, а обмеженим – верхняк. Для тимчасового кріплення приймають поєднання елементів у паз (рис. 4, г). Стояки з лежнем сполучують у лапу (рис. 4, д), або в зуб (рис. 4, е).

Стояки неповних кріпильних рам установлюють у лунки глибиною 15-20 см. Для забезпечення обмеженої податливості (до 10-12 см) кінці стояків загострюють у формі піраміди чи клина (рис. 4, ж, з; рис. 5), що дає їм можливість вдавлюватися в породи підшви та частково зминатися.

3 Технологія зведення дерев'яного кріплення

Всі роботи в підготовчому забої, у тому числі зведення кріплення, виконуються згідно затвердженого паспорта. Спочатку готують місце для установлення кріплення – зачищають забій від навислих грудок вугілля та породи, виконують розмітку та улаштування лунок для стояків або поглиблення для лежня. Глибина лунок від 5 см в міцних породах до 15 см в м'яких породах. У лунки встановлюють стояки. Для утримання стояків в необхідному положенні їх скріплюють з сусідніми рамами дошками або будівельними скобами. Стояки встановлюються коренем вгору, щоб забезпечити більшу площу опору для верхняка та усунути поширення води з лунки по капілярах деревини по всій довжині стояка. Накладають верхняк. Раму вивіряють по вискам та ретельно розклинюють. Рами встановлюють "суцільно" або "в розбіг" – відповідно до паспорта. Потім виконують затягування покрівлі та бортів виробки. Порожнечі між затяжками та стінками виробки заповнюють дрібною породою ("забутівкою"). Для забезпечення кріпленню подовжньої стійкості між сусідніми рамами встановлюють у верхніх кутах та посередині стояків уздовж виробки розпірки.

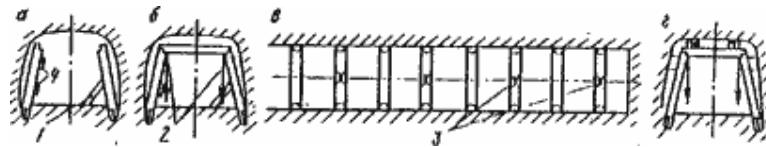


Рис. 6 – Схема установалення дерев'яної рами:

1 – підтримуюча вилка; 2 – виски для перевірки перпендикулярного положення рами; 3 – виски для контролю положення рами відносно осі виробки; 4 – обидві

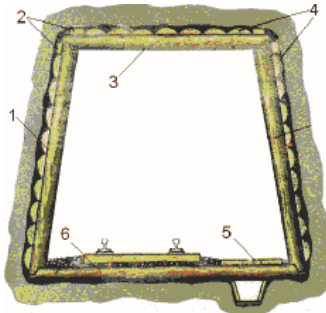


Рис. 7 – Повна кріпильна рама:

1 – стояки; 2 – клини; 3 – верхняк; 4 – затяжка з обох боків; 5 – трап; 6 – лежень

Встановлення повної кріпильної рами відрізняється від встановлення неповної кріпильної рами тим, що робота розпочинається з укладання лежня в заздалегідь приготовані поглиблення (поглиблення мають дорівнювати половині або повній товщині лежня), а стойки встановлюють на лежень (рис. 7).

4 Розрахунок дерев'яного кріплення

Метою розрахунку дерев'яного кріплення є визначення міцних розмірів верхняків, стояків та затяжок. Оскільки стояки за розрахунком виходять менше діаметру верхняка, їх приймають такого ж діаметру, як і верхняк.

Діаметр верхняка:

$$d = 1,61 \cdot a \cdot \sqrt[3]{\frac{10\gamma \cdot l}{f \cdot U_u}} \quad (1)$$

де a – половина ширини виробки в проходці по покрівлі, см;

γ – щільність порід покрівлі, кг/см³;

l – відстань між осями рам, см;

f – коефіцієнт міцності порід покрівлі;

U_u – допустиме напруження на вигин, Н/см².

Товщина дерев'яної затяжки (см):

$$c = \kappa \cdot l \cdot \sqrt{\frac{10\gamma \cdot a}{f \cdot U_u}} \quad (2)$$

де κ – 0,87 – коефіцієнт, який приймається для затяжок із дощок;

κ – 1,3 – для затяжок із обидвох боків.

Оскільки умови використання дерев'яного кріплення здебільшого передбачають відносно стійкий стан бокових порід, то надійність конструкції визначає несуча здатність верхняка. Для інженерних розрахунків допустимого навантаження на верхняк (при рівномірному його розподілі) зручно використовувати формулу:

$$P = \frac{4M}{L} = \frac{4\sigma_T W}{L} = \frac{\sigma_T \pi d^3}{8L} \quad (3)$$

де M – згинальний момент;

L – довжина верхняка (в типових конструкціях від 2,2 до 4,6 м)

σ_T – тимчасовий опір вигину (для деревини 40 - 45 МПа);

W – момент опору поперечного перерізу верхняка;

d – діаметр верхняка.

Так, для найбільш поширених конструкцій ($L=3,3$ м, $d=0,25$ м) несуча здатність рами буде дорівнювати близько 160 кН. Слід відзначити, що в реальних умовах розподіл навантаження може відрізнятися від рівномірного. У найгіршому випадку, коли зосереджене навантаження формується в центрі прольоту, несуча здатність верхняка (і кріплення в цілому) буде в 2 рази меншою, ніж при рівномірному розподілі.

Серед позитивних якостей дерев'яних конструкцій слід відзначити легкість обробки й монтажу, відносно малу масу, високий ступінь можливого деформування, що забезпечує обмежену податливість і сигналізує про небезпечний стан. Недоліками кріплення є: обмежена область застосування, втрата несучої здатності з плином часу (процеси гниття), небезпечність у пожежному відношенні, недостатня конструктивна універсальність та економічна привабливість (із-за високих цін на деревину). Сучасний стан в області кріплення виробок глибоких вугільних шахт свідчить про заміну дерев'яного кріплення більш економічними та надійними конструкціями.

Питання для самоконтролю



1. Скажіть, в яких умовах доцільно використовувати рамне дерев'яне кріплення?
2. Поясніть, в чому полягають конструктивні особливості різних типів дерев'яних рам?
3. Розкажіть, як з'єднують окремі елементи рами?
4. Назвіть, в чому полягають переваги та недоліки дерев'яного кріплення?