

Тема 1.5.1 Розрахунок гірського тиску в підготовчих виробках

План

1 Розрахунок гірського тиску у горизонтальних виробках

2 Розрахунок гірського тиску похилі виробки

3 Розрахунок гірського тиску вертикальні виробки

1 Розрахунок гірського тиску у 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 обрушуватись 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.

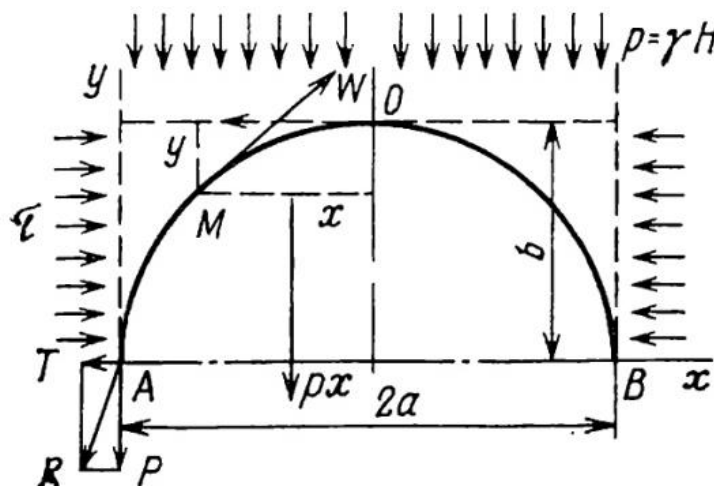


Рис. 1 - Схема для розрахунку величини гірничого тиску в горизонтальній виробці за гіпотезою проф. М.М.Протодьяконова

Уявно виділену ділянку $МО$ склепіння природної рівноваги (рис. 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 M з координатами x і y , дорівнює нулю.

На ділянку склепіння $МО$ діють:

- сила P – рівнодіюча рівномірно розподіленого вертикального навантаження, що рівна за величиною px 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 доданок моментів цих сил відносно точки M

$$px = x/2 - Ty = 0 \quad (1)$$

Розв'язуючи рівняння (3) відносно y , отримаємо:

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

Отриманий вираз (4) є рівнянням параболі. Тобто, склепіння природної рівноваги має параболічну форму.

В точці A попереднього рівняння направляючої кривої склепіння прийме вигляд:

$$b = pa^2/(2T) \quad (3)$$

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

$$b = a/f \quad (4)$$

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 $S = 4/3 ab$ і щільності породи γ навантаження на 1 м виробки складе:

$$P = 4/3 ab\gamma = 4/3 (a^2/f)\gamma \quad (5)$$

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.Слюсарєва, 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 склепіння визначається по формулі:

$$v = 2a/f \quad (6)$$

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

- на 1 м довжини виробки:

$$P_B = \frac{4}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_K}{f} \quad (7)$$

- на одну кріпильну раму:

$$P_B^1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_K}{f} \cdot l \quad (8)$$

де γ_K – щільність порід покрівлі, т/м³;

l – відстань між кріпильними рамами, м.

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

- на 1 м довжини виробки:

$$P_B = \frac{8}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_K}{f} \quad (9)$$

- на одну кріпильну раму

$$P_B^1 = \frac{8}{3} \cdot \frac{a^2 \gamma_K}{f} \cdot l \quad (10)$$

Якщо в стінках виробки породи не достатньо стійкі ($f \leq 4$), то гірниче кріплення буде відчувати тиск і зі сторони боків (P_6). Боковий гірський тиск (рис. 2) визначається як тиск сповзаючої призми з боків виробки, навантаженої зверху породою призми в покрівлі виробки. При цьому проліт і висота склепіння обвалення збільшується.

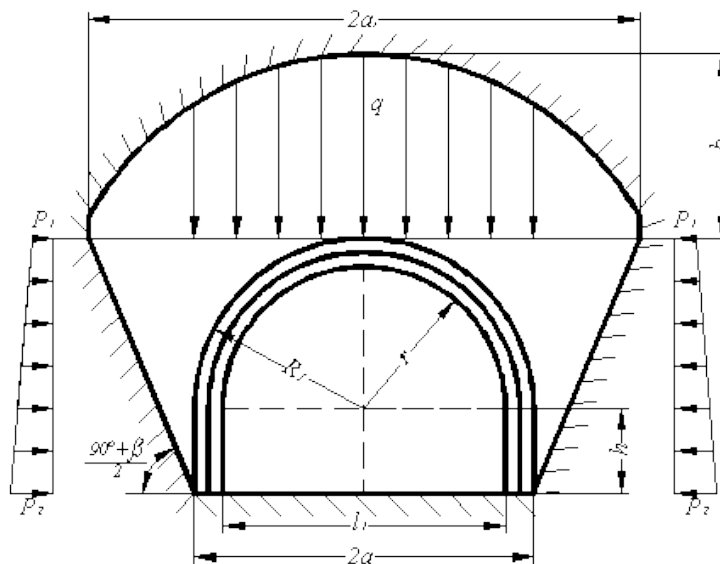


Рис. 2 – Схеми до визначення гірського тиску на горизонтальну виробку

Напівпроліт склепіння обвалення:

$$a_1 = a + h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_0}{2} \quad (11)$$

Висота склепіння обвалення:

$$b_1 = \frac{a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_0}{2}}{\operatorname{tg} \varphi_K} \quad (12)$$

де h - висота виробки в проходці, м;

φ_0 - кут внутрішнього тертя порід в боках виробки, град.;

φ_K - кут внутрішнього тертя порід покрівлі, град.

Величина гірського тиску на 1 м виробки:

$$P_B = \gamma_K \cdot a \cdot b_1 \quad (13)$$

Величина бічного гірського тиску на 1 м виробки:

$$P_6 = \frac{h \cdot \gamma_0}{2} (2b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_0}{2} \quad (14)$$

де γ_0 - щільність порід в боках виробки, т/м³.

2 Розрахунок гірського тиску похилі виробки

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 α розкладається на дві складові сили (рис. 3): нормальну N , що направлена до поздовжньої осі виробки, і тангенціальну T , паралельну їй.

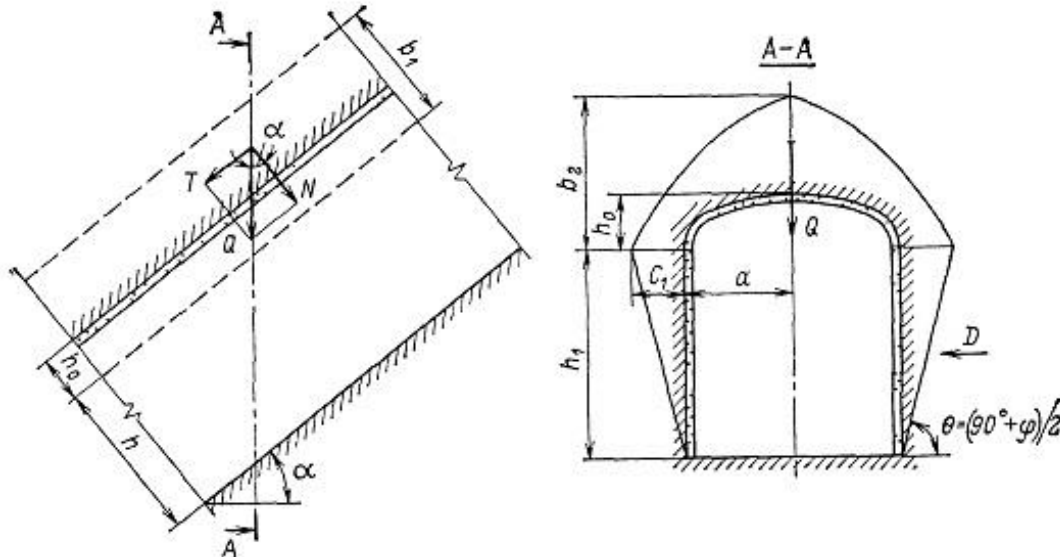


Рис. 3 - Схеми до визначення гірського тиску в похилій виробці

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

$$N = P \cdot \cos \alpha \quad (15)$$

де α – кут нахилу виробки, град.

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

$$T = P \cdot \sin \alpha \quad (16)$$

Тангенціальна складова гірничого тиску викликає зсув порід покрівлі, що частково сприймається кріпленням, в якому виникають додаткові напруження 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° . Тоді

$$N = P \cdot \cos 4^\circ = 0,7 \cdot P \quad (17)$$

При кутах нахилу більше 75° тиск визначають як для вертикальних виробок.

Бічний тиск в похилих виробках:

$$P_{\phi} = \frac{h_1 \gamma_{\phi}}{2} (2b_1 + h_1) t g^2 \frac{90^\circ - \phi_{\phi}}{2} \quad (18)$$

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

3 Розрахунок гірського тиску вертикальні виробки

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:

$$P = n \cdot n_y \cdot n_n \cdot p^H [1 + 0,1(R-3)] \quad (19)$$

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 стовбура рівною 2-2,75, а при суміщеній 1,75-2,25 в залежності від кута падіння порід ($0 - 30^\circ$).

Питання для самоконтролю



1. Дайте визначення поняттю «склепіння природної рівноваги порід» та поясніть, як воно утворюється?
2. Поясніть чому дорівнює величина вертикального гірського тиску.
3. Скажіть, в яких породах буде відчуватися бічний тиск на кріплення?
4. Скажіть, на які складові сили розкладається вертикальний гірський тиск з врахуванням кута нахилу виробки α ?