

Розрахунок трьохшарнірного аркового кріплення

На підставі розрахунку необхідної ширини виробки на висоті рухомого складу з альбому типових уніфікованих перетинів вибирається арочне кріплення, що задовольняє умовам розміщення обладнання в перерізі виробки.

Вихідними даними для розрахунку є: ширина виробки по підозві $b_в$, висота виробки f_0 , радіус осьової дуги r і відстань від підозви виробки до центру осьової дуги h (розрахункова схема зображена на рис.1).

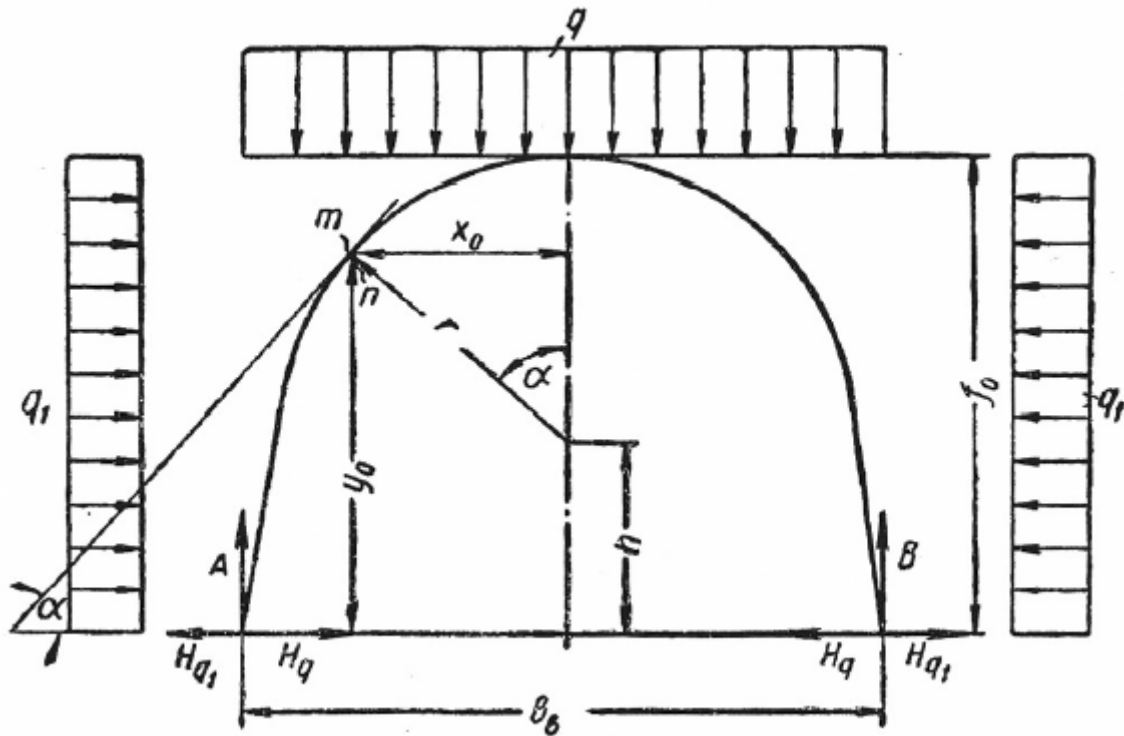


Рисунок 1. Розрахункова схема для визначення розмірів металевого трьохшарнірного аркового кріплення виробки, проведеної в складних гірничо-геологічних умовах

Порядок розрахунку наступний.

Визначається ширина склепіння, що утворюється над виробкою в наслідок руйнування і зміщення порід:

$$b_c = b_в + \frac{2f_0}{\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)}, \text{ м}, \quad (1)$$

де φ - кут природнього укосу порід;

Визначається висота склепіння:

$$h_c = 0,8\sqrt[3]{H} \frac{b_c}{f}, \text{ м}, \quad (2)$$

де H – глибина закладання виробки, м;

Визначається тиск гірських порід на одну арку:

$$P = b_e h_c \gamma L \cdot 10^{-2}, \text{ кН}, \quad (3)$$

де γ – об'ємна вага порід, кг/м³;

L – крок встановлення рам, м.

Визначається інтенсивність тиску на арку з боку покрівлі:

$$q = \frac{P}{b_B}, \text{ кН/м}. \quad (4)$$

Визначається бічний тиск на одну арку:

$$R_6 = \frac{f_0 \gamma}{2} (2h_c + f_0) \cdot L \cdot tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot 10^{-2}, \text{ кН}. \quad (5)$$

Визначається інтенсивність бокового тиску:

$$q_1 = \frac{R_6}{f_0}, \text{ кН/м} \quad (6)$$

Визначається горизонтальний розпір від вертикального навантаження:

$$H_q = \frac{q b_B^2}{8 f_0}, \text{ кН} \quad (7)$$

Визначається реакція від бокового тиску:

$$H_{q1} = \frac{q_1 f_0}{2}, \text{ кН} \quad (8)$$

Визначаються координати небезпечного перерізу:

$$x_0 = \sqrt{r^2 - \frac{(H_q - H_{q1} + q_1 h)^2}{(q - q_1)^2}}, \text{ м}; \quad (9)$$

$$y_0 = \sqrt{r^2 - x_0^2} + h, \text{ м}. \quad (10)$$

Визначається максимальний згинаючий момент:

$$M_{max} = \frac{q b_B}{2} \left(\frac{b_B}{2} - x_0 \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{b_B}{2} - x_0 \right)^2 - H_q y_0 + H_{q1} y_0 - \frac{q_1}{2} y_0 \cdot 10^{-2}, \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (11)$$

Визначається момент опору:

$$W = \frac{M_{max} \cdot 10^2}{[\sigma_u]} = \frac{M_{max} \cdot 10^2}{16}, \text{ см}^3. \quad (12)$$

За отриманим моменту опору обирається перетин профілю з табл.1 зі значенням моменту опору W_x більшим за розрахунковий. Також виписуємо площу перетину F , см^2 .

Таблиця 1

Балки з спецпрофілю

Спецпрофіль	Вага 1 м, кг	Площа перерізу, см^2	J_x	J_y	W_x	W_y
1	2	3	4	5	6	7
СВП №18						
Тип А	17,83	22,71	168,1	339,0	42,95	62,3
Тип Б	17,85	22,75	216,6	335,3	50,60	52,4
СВП №28						
Тип А	27,90	35,50	533,3	788,8	94,80	104,5
Тип Б	28,10	35,80	584,8	675,6	102,20	89,5
СВП №17	17,06	21,73	243,4	382,3	50,30	57,9

1	2	3	4	5	6	7
СВП №22	21,50	27,36	433,6	691,3	75,02	88,9
СВП №24	24,08	30,68	422,8	475,1	75,77	72,5
СВП №27	26,98	34,40	639,1	763,1	100,20	101,5
СВП №33	33,80	42,46	875,2	921,4	138,50	148,0
Двутавр №16	15,90	20,20	873,0	58,6	109,00	14,5
Двутавр №18	18,40	23,40	1290,0	82,6	143,00	18,4
Двутавр №18а	19,90	25,40	1430,0	114,0	159,00	22,8
Двутавр №20	21,00	26,80	1840,0	115,0	184,00	23,1
Двутавр №20а	22,70	28,90	2030,0	155,0	203,00	28,2
Двутавр №22	24,00	30,60	2550,0	157,0	232,00	28,6
Двутавр №24	27,30	34,80	3460,0	198,0	289,00	34,5
Двутавр №24а	29,40	37,50	3800,0	260,0	317,00	41,6
Двутавр №27	31,50	40,20	5010,0	260,0	371,00	41,5
Двутавр №27а	33,90	43,20	5500,0	337,0	407,00	50,0
Двутавр №30	36,50	46,50	7080,0	337,0	472,00	49,9
Двутавр №30а	39,20	49,90	7780,0	436,0	518,00	60,1
Двутавр №33	42,20	53,80	9840,0	419,0	597,00	59,9
Двутавр №36	48,6	61,90	13380	516,0	743,00	71,1

Определяется величина осевого усилия в опасном сечении:

$$N_{x0} = -\frac{qb_B}{2} \frac{x_0}{r} + q \left(\frac{b_B}{2} - x_0 \right) \frac{x_0}{r} - H_q \frac{y_0-h}{r} + H_{q1} \frac{y_0-h}{r} - q_1 y_0 \frac{y_0-h}{r} \cdot 10^{-2}, \text{ кН.} \quad (13)$$

Визначається напруга, що виникає в небезпечному перерізі арки з урахуванням згинаючого моменту і осевого стиснення:

$$\sigma_u = \frac{M_{max} \cdot 10^2}{W_x} + \frac{N_{x0}}{F}, \text{ кН/см}^2. \quad (14)$$

При цьому повинна виконуватися умова:

$$\sigma_u \leq [\sigma_u]. \quad (15)$$

Якщо розрахункове напруження перевищує максимально допустиму напругу для сталевих конструкцій 16 кН/см^2 , необхідно прийняти профіль більшого перетину і перевірити максимальне напруження в небезпечному перерізі арки.

Як приклад розглянемо розрахунок кріплення виробки для наступних умов: перетин виробки у світлі - $6,2 \text{ м}^2$; коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. Протод'яконова - 3; об'ємна вага порід - 1950 кг/м^3 ; глибина закладання виробки - 300 м ; крок установки кріплення - $0,7 \text{ м}$.

З альбому типових перерізів приймаємо розрахункові величини арки: ширина по підосві $b_e = 3,4 \text{ м}$; висота $f_0 = 3,12 \text{ м}$; радіус осьової дуги $r = 1,7 \text{ м}$; відстань від підосви виробки до центру осьової дуги $h = 1,42 \text{ м}$.

Ширина склепіння, що утворюється над виробкою в наслідок руйнування і зміщення порід:

$$b_c = b_b + \frac{2f_0}{\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} = 3,4 + \frac{2 \cdot 3,12}{\operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ + 71^\circ 34'}{2}\right)} = 4,41 \text{ м.}$$

Висота склепіння:

$$h_c = 0,8 \sqrt[3]{H} \frac{b_c}{f} = 0,8 \sqrt[3]{300} \frac{4,41}{3} = 7,8 \text{ м.}$$

Тиск гірських порід на одну арку:

$$P = b_e h_c \gamma L \cdot 10^{-2} = 3,4 \cdot 7,8 \cdot 1950 \cdot 0,7 \cdot 10^{-2} = 362 \text{ кН.}$$

Інтенсивність тиску на арку з боку покрівлі:

$$q = \frac{P}{b_b} = \frac{362}{3,4} = 106 \text{ кН/м.}$$

Бічний тиск на одну арку:

$$R_{\zeta} = \frac{f_0 \gamma}{2} (2h_c + f_0) \cdot L \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot 10^{-2} = \frac{3,12 \cdot 1950}{2} (2 \cdot 7,8 + 3,12) \cdot 0,7 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + 71^\circ 31'}{2} \right) \cdot 10^{-2} = 10,5, \text{ кН.}$$

Інтенсивність бокового тиску:

$$q_1 = \frac{R_{\zeta}}{f_0} = \frac{10,5}{3,12} = 3,4, \text{ кН/м.}$$

Горизонтальний розпір від вертикального навантаження:

$$H_q = \frac{q b_B^2}{8 f_0} = \frac{106 \cdot 3,4^2}{8 \cdot 3,12} = 49, \text{ кН.}$$

Реакція від бокового тиску:

$$H_{q1} = \frac{q_1 f_0}{2} = \frac{3,4 \cdot 3,12}{2} = 5,3, \text{ кН}$$

Координати небезпечного перерізу:

$$x_0 = \sqrt{r^2 - \frac{(H_q - H_{q1} + q_1 h)^2}{(q - q_1)^2}} = \sqrt{1,7^2 - \frac{(49 - 5,3 + 3,4 \cdot 1,42)^2}{(106 - 3,4)^2}} = 1,65 \text{ м;}$$

$$y_0 = \sqrt{r^2 - x_0^2} + h = \sqrt{1,7^2 - 1,65^2} + 1,42 = 1,8 \text{ м.}$$

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{max} = \frac{q b_B}{2} \left(\frac{b_B}{2} - x_0 \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{b_B}{2} - x_0 \right)^2 - H_q y_0 + H_{q1} y_0 - \frac{q_1}{2} y_0 \cdot 10^{-2} =$$

$$\frac{106 \cdot 3,4}{2} \left(\frac{3,4}{2} - 1,65 \right) - \frac{106}{2} \left(\frac{3,4}{2} - 1,65 \right)^2 - 49 \cdot 1,8 + 5,3 \cdot 1,8 - \frac{3,4}{2} 1,8 \cdot 10^{-2} =$$

$$= -74,4 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Визначається момент опору:

$$W = \frac{M_{max} \cdot 10^2}{[\sigma_u]} = \frac{74,4 \cdot 10^2}{16} = 465 \text{ см}^3.$$

Приймаємо двутавр №30а: $W_x=518 \text{ см}^3$, $F=49,9 \text{ см}^2$.

Величина осьового зусилля в небезпечному перерізі:

$$N_{x0} = -\frac{qb_B x_0}{2r} + q\left(\frac{b_B}{2} - x_0\right)\frac{x_0}{r} - H_q \frac{y_0-h}{r} + H_{q1} \frac{y_0-h}{r} - q_1 y_0 \frac{y_0-h}{r} \cdot 10^{-2} =$$

$$-\frac{106 \cdot 3,4 \cdot 1,65}{2 \cdot 1,7} + 106 \left(\frac{3,4}{2} - 1,65\right) \frac{1,65}{1,7} - 49 \frac{1,8-1,42}{1,7} + 5,3 \frac{1,8-1,42}{1,7} - 3,4 \cdot 1,8 \frac{1,8-1,42}{1,7} \cdot$$

$$10^{-2} = -184 \text{ кН}.$$

Напряга, що виникає в небезпечному перерізі арки з урахуванням згинаючого моменту і осьового стиснення:

$$\sigma_u = \frac{M_{max} \cdot 10^2}{W_x} + \frac{N_{x0}}{F} = \frac{74,4 \cdot 10^2}{518} + \frac{181}{49,9} = 17,9 \text{ кН/см}^2.$$

Оскільки $\sigma_u > 16 \text{ кН/см}^2$, приймаємо двутавр №33: $W_x=597 \text{ см}^3$, $F=53,8 \text{ см}^2$. Тоді:

$$\sigma_u = \frac{74,4 \cdot 10^2}{597} + \frac{181}{53,8} = 15,8 \text{ кН/см}^2.$$

Задача. Розрахувати напруження що виникає у металевому арковому кріпленні виробки, яка закладена на глибині H у породах з коефіцієнтом міцності f , об'ємною вагою γ і кутом внутрішнього тертя φ . Значення параметрів взяти з табл. 2.

Таблиця 2

Вихідні дання для розрахунку кріплення

№ варіанту	H , м	f	γ , кг/м ³	φ	L , м
1	2	3	4	5	6
1	300	4	1750	70°20'	0,5
2	400	5	1900	71°50'	0,5
3	200	3	1800	72°30'	0,7

1	2	3	4	5	6
4	150	2	2000	73°80'	0,8
5	200	3	2100	71°10'	0,6
6	300	4	2200	72°90'	0,5
7	350	3	2300	75°20'	0,5
8	150	2	2000	76°30'	1,0
9	250	5	1900	77°50'	0,8
10	270	6	2400	78°30'	0,7
11	320	7	2500	79°80'	0,5
12	180	3	1700	80°20'	0,7
13	120	2	1800	75°20'	0,5
14	165	3	1900	73°20'	0,6
15	237	4	2100	76°30'	0,5
16	286	5	2200	77°20'	0,5
17	310	6	2300	81°20'	0,5
18	100	2	2000	81°50'	1,0
19	162	3	1900	82°20'	0,6
20	189	4	2000	77°20'	0,6
21	210	5	2300	73°20'	0,8
22	220	3	2500	75°20'	0,7
23	400	8	2100	76°80'	0,5
24	370	9	2200	78°20'	0,5
25	265	6	2000	79°30'	0,6