

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ГЕОТЕХНОЛОГІЙ І ОХОРОНИ ПРАЦІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для **практичних робіт** з дисципліни
**«СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ
ВИРОБОК»**
для студентів спеціальності 184 «Гірництво», освітній ступінь
«магістр»

Покровськ 2018

Методичні вказівки для практичних робіт з дисципліни «Спеціальні способи при будівництві виробок» для студентів спеціальності 184 «Гірництво», освітній ступінь «магістр» / Л. Л. Бачурін, Я. П. Бачуріна. – Покровськ: Індустріальний інститут ДонНТУ, 2018. – с. 22.

Приведені вказівки до виконання практичних робіт з основних розділів курсу «Спеціальні способи при будівництві виробок». Призначено для використання при проведенні практичних занять та в самостійній роботі студентів спеціальності «Гірництво», які навчаються за освітніми програмами не шахтобудівельного спрямування.

Автори: Бачурін Леонід Леонідович, доц. каф. ГіОП II ДонНТУ, к.т.н.
Бачуріна Ярослава Павлівна, ст. викл. каф. ГіОП II ДонНТУ

Рецензент: Кам'янець В'ячеслав Ігорович, доц. каф. геодезії та будівництва підземних споруд ДВНЗ ДонНТУ, к.т.н., доц.

Відповідальний за випуск: зав. каф. ГіОП II ДонНТУ, доц., д. е. н. Ляшок Я. О.

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ
протокол № 14 від 12.06.2018 р.

Розглянуто на засіданні кафедри геотехнологій і охорони праці
протокол № 10 від 06.06.2018 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практична робота № 1	
Розрахунок шпунтового кріплення заглибленої споруди	5
Практична робота № 2	
Проектування і розрахунок параметрів процесу заморожування обводнених порід.....	9
Практична робота № 3	
Розрахунок параметрів ін'єкційного зміцнення порід	14
Практична робота № 4	
Розрахунок параметрів набризкбетонного кріплення	17
Перелік літератури.....	21

ВСТУП

На практичних заняттях відбувається апробація теоретичних знань, отриманих при вивченні курсу «Спеціальні способи при будівництві виробок». Студенти виконують проектування та практичний розрахунок параметрів окремих заходів впливу на масив гірських порід (грунтів) при будівництві заглиблених споруд або підземних гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах.

Необхідні для виконання практичних робіт вихідні дані обирає викладач; можуть застосовуватись відомості, отримані на виробничих та навчальних практиках.

Методичні вказівки призначені для використання при проведенні практичних робіт з дисципліни «Спеціальні способи при будівництві виробок» студентами, що здобувають освітній ступінь «магістр» за спеціальністю 184 «Гірництво».

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Розрахунок шпунтового кріплення заглибленої споруди

Мета: вивчення методики розрахунку металевого шпунтового кріплення стін котловану, що вільно стоїть.

Завдання:

Для умов котловану глибиною H_k , розташованого на місцевості, не покритій водою з висотою ґрунтових вод над рівнем дна котловану h_6 (табл. 1.1) визначити переріз шпунта і глибину його забивання нижче дна котловану. Вище за дно котловану залягають незв'язні ґрунти, нижче дна – зв'язні, які є водоупором (табл. 1.2). На поверхні діє розподілене навантаження q (табл. 1.1). Схема котловану і ґрунтова колонка показані на рис. 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані про глибину котловану, висоту води і діюче навантаження

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глибина котловану H_k , м	3,5	5,4	4,5	3,1	5,1	3,5	4,9	5,0	2,9	5,8
Висота води h_6 , м	1,7	2,9	2,5	1,5	3,1	2,6	4,0	2,5	1,5	3,9
Навантаження q , кПа	11	12	13	10	9	14	15	11	12	10

Таблиця 1.2 – Варіанти характеристик ґрунту

№ варіанту	Фізико-механічні показники ґрунту						
	І шар				ІІ шар		
	γ_1 кН/м ³	φ_1 град	$\gamma_1^{вз}$ кН/м ³	φ_1' град	γ_2 кН/м ³	φ_2 град	C_2 кПа
1	17,5	32	11,0	25	20,5	15	33
2	18,0	30	11,5	22	20,0	17	30
3	17,0	30	10,0	27	19,5	18	20
4	18,5	27	12,5	20	19,0	20	22
5	17,5	30	10,0	24	20,5	21	23
6	17,0	32	11,0	28	19,0	24	19
7	18,5	33	10,5	30	19,5	20	32
8	17,5	35	11,0	28	19,0	12	35
9	17,0	25	11,0	20	21,0	10	30
10	17,5	37	10,5	29	19,0	24	20

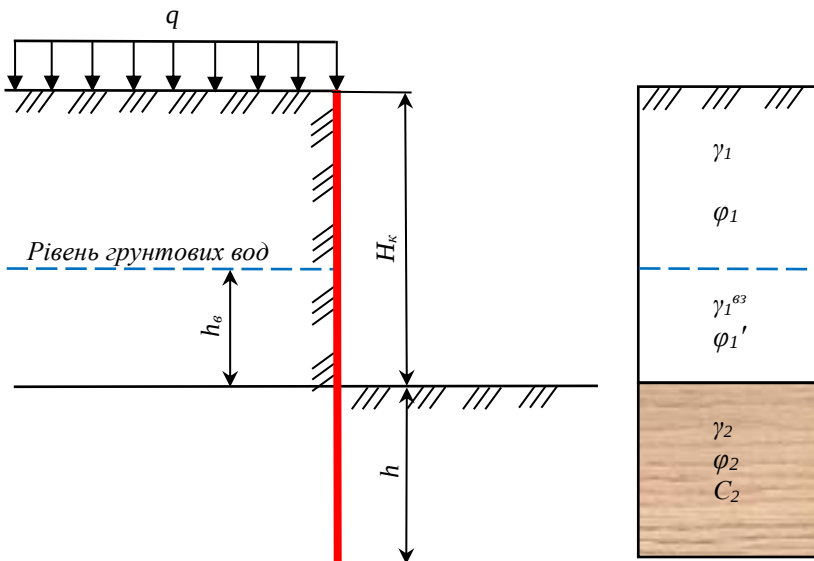


Рис. 1.1 – Схема котловану (а) і ґрунтова колонка (б)

Хід роботи.

Для розрахунку шпунтового огородження необхідно визначити тиск ґрунту із зовнішньої та внутрішньої сторін огородження.

Тиск ґрунту, обумовлений його внутрішніми тертями:

активний $p_{a\phi} = p_v \lambda_a$,

пасивний $p_{n\phi} = p_v \lambda_n$.

Вертикальний тиск на цьому рівні p_v визначається підсумовуванням тисків від власної ваги вищерозміщених шарів ґрунту і тиску води:

$$p_v = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i + \gamma_w h_w. \quad (1.1)$$

Коефіцієнти активного і пасивного тисків ґрунту обчислюються за формулами:

$$\lambda_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi^\circ}{2} \right), \quad (1.2)$$

$$\lambda_n = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi^\circ}{2} \right). \quad (1.3)$$

Для зв'язних ґрунтів активний тиск знижується на величину

$$p_{ac} = \frac{c(1-\lambda_a)}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (1.4)$$

а пасивний тиск підвищується на величину

$$p_{nc} = \frac{c(\lambda_n - 1)}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (1.5)$$

У однорідному зв'язному ґрунті при $p_{ao} > p_{a\varphi}$ огороження в межах h_0 не зазнає тиску ґрунту;

$$h_0 = \frac{p_{ac} - p_{a\varphi}}{\gamma \lambda_a}. \quad (1.6)$$

Найбільше значення тиску води обчислюється як

$$p_e = \gamma_e h_e, \quad (1.7)$$

де γ_e – питома вага води, 9,81 кН/м³;

h_e – різниця рівнів води зовні і усередині огороження.

За наявності в основі зв'язного водонепроникного ґрунту розрахунок шпунта виконують за двома розрахунковими схемами:

І схема – нижче покрівлі зв'язного ґрунту із зовнішнього боку огороження враховується активний тиск ґрунту і не враховується тиск води. Тиск води на покрівлі водоупору приймають рівним $\gamma_e h'_e$ (h'_e – висота води над водоупором);

II схема – нижче покрівлі водоупору із зовнішнього боку огороження враховується тиск води в межах глибини утворення зазору $h_n = (0,5 \dots 0,6)h$, активний тиск ґрунту водоупору не враховується.

Після визначення тисків будують їх епюри.

Мінімальну глибину h забивання шпунта (рахуючи від дна котловану) за умови забезпечення стійкості стінки проти перекидання визначають виходячи з рівності

$$M_a = m_o M_n, \quad (1.8)$$

де M_a – момент усіх активних (опрокидних) сил;

M_n – момент пасивних (стримувальних) сил;

m_o – коефіцієнт умов роботи (в даному розрахунку приймаємо $m_o = 0,8$).

З двох значень h , встановлених за обома схемами, приймають найбільше.

Повну глибину занурення шпунта приймають на 20 % більше мінімальної: $h' = 1,2h$.

Розрахунок шпунта на міцність роблять на максимальний момент в стінці, що вигинає, M_{max} , кПа, в перерізі з $Q_z = 0$.

Профіль сталевго шпунта, що забезпечує міцність огороження, підбирають за моментом опору 1 м стінки в плані (таблиця. 1.2):

$$W = 10^6 M_{\max} / R_y, \text{ см}^3, \quad (1.9)$$

де R_y – розрахунковий опір стали, $R_y = 205$ МПа.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики сталевих шпунтів

Профіль шпунта	Умове позначення профілю	Площа поперечного перерізу, см ²	Маса 1 п. м, кг	Момент інерції перерізу, см ⁴	Момент опору перерізу, см ³
Плоский	ШП-1	82	64	332	73
		205	160	961	188,5
	ШП-2	39	30	80	28
		195	150	482	136
Корито	ШК-1	64	50	730	114
		160	125	2992	402
	ШК-2	74	58	2243	260
		185	145	10420	843
Зетовий	ШД-3	78	61	7600	630
	ШД-5	119	93	20100	1256
Типу Ларсен	Л-4	94,3	74	4660	405
		236	185	39000	2200
	Л-5	127,6	100	6243	461
		303	238	50943	2962
	Л-5У	144,89	113,7	10160	624
		289,78	227,5	76437	3555
Панелі шпунтові зварні	ПШС	375,7–688,6 250,5–459,1	295– 541 197– 360	96500– 66600 64300– 44400	3215– 11100

Примітка. У чисельнику приведені характеристики однієї шпунтини, в знаменнику — 1 п. м шпунтової стінки при врахуванні спільної роботи шпунтових паль на вигин.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Проектування і розрахунок параметрів процесу заморожування обводнених порід

Мета: вивчення методики розрахунку процесу заморожування обводнених порід (грунтів), визначення потужності заморожувальної станції та часу, необхідного для створення льодопородного огороження потрібної товщини із заданими теплофізичними і деформаційними характеристиками.

Завдання:

Для умов проведення вертикальної виробки (ствола/свердловини) через обводнені породи із заморожуванням порід, розрахувати:

1. Навантаження на льодопородне огороження.
2. Товщину льодопородного огороження.
3. Потужність заморожувальної станції і час її роботи.

Вихідні дані:

№ варіанту	1	2	3	4	5	6
Глибина водоносного горизонту, м	60	65	75	85	95	110
Межа міцності порід на одновісне стискування, МПа	23	20	25	18	24	18
Діаметр ствола, м	6	5,5	5	6,5	6,2	7
Температура розсолу, °С	-23	-24	-25	-24	-23	-24
Температура порід, °С	+10	+8	+12	+9	+11	+10
Температура замерзання води в масиві, °С	-0,1	-0,15	-0,05	-0,12	-0,08	0
Частка води у породах, %	10	15	20	25	35	45

Хід роботи.

1. Вимоги до створеного навколо гірничої виробки при заморожуванні гірських порід льодопородного огороження такі, що воно повинно одночасно виконувати функції тимчасового кріплення і водонепроникної завіси, тобто бути здатним сприйняти гірський (P_g) та гідростатичний ($P_{гст}$) тиск. Таким чином, повне навантаження на льодопородне огороження може бути представлено як:

$$P_{\max} = P_z + P_{\text{ст}}, \text{ МПа}, \quad (2.1)$$

Максимальні напруження в льодопородному огороженні виникають в той момент, коли в його межах вийнята порода.

У першому наближенні можна прийняти, що при перетинанні безнапірних водоносних горизонтів та шарів обводнених порід, навантаження дорівнює:

$$P_{\max} = A\gamma H, \text{ МПа}, \quad (2.2)$$

де γ – питома вага порід, Н/м³;

A – коефіцієнт бокового розпору;

H_3 – глибина залягання від поверхні підшови водоносного горизонту, м.

2. Одним з основних параметрів, що визначають економічну доцільність застосування способу заморожування, є товщина льодопородного огороження (ЛПО). Завищення або зниження товщини ЛПО веде в одному випадку до значного збільшення обсягу заморожених гірських порід (отже, зростає тривалість заморожування, витрата електроенергії і вартість робіт). В іншому – до руйнування льодопородного огороження і прориву підземних вод (в цьому випадку також відбувається значне збільшення вартості і терміну будівництва підземної споруди в зв'язку з ліквідацією аварійної ситуації).

В практиці проектування при глибинах заморожування до 70 м товщину льодопородного огороження E , м, визначають за формулою Ляме:

$$E = R_{np} \left(\sqrt{\frac{[\sigma_{\text{сж}}]}{[\sigma_{\text{сж}}] - 2P_{\max}}} - 1 \right), \quad (2.3)$$

а при глибинах 70—150 м – за формулою Домке:

$$E = R_{np} \left[0,29 \frac{P_{\max}}{[\sigma_{\text{сж}}]} + 2,3 \left(\frac{P_{\max}}{\sigma_s} \right) \right], \quad (2.4)$$

де $[\sigma_{\text{сж}}]$ – припустиме напруження заморожених порід на стискування, МПа;

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{\sigma_s}{K_s},$$

σ_s – межа міцності порід на одновісне стискування, МПа;

K_s – коефіцієнт запасу, $K_s = 2 \dots 3$;

R_{np} – радіус виробки у проходженні, м.

При більших глибинах E визначається за граничними станами, методика розрахунку яких викладена у спеціальній літературі.

Знаючи товщину ЛПО, можна визначити діаметр розташування заморожувальних свердловин та їх кількість (рис. 2.1).

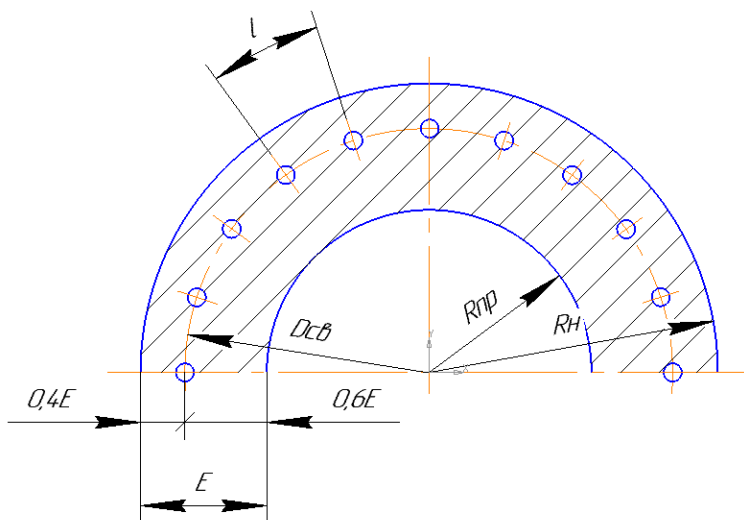


Рис. 2.1. Розрахункова схема до визначення діаметра і кількості заморозувальних свердловин

$$D_{св} = 2R_{np} + 1,2E + 2a, \text{ м}, \quad (2.5)$$

де $D_{св}$ – діаметр розташування заморозувальних свердловин, м;
 a – допустиме відхилення заморозувальної свердловини від вертикалі:

$$a = 0,5 + 0,002 \cdot L_{св}, \text{ м}, \quad (2.6)$$

$L_{св}$ – довжина свердловини:

$$L_{св} = H_3 + (6...10), \text{ м}. \quad (2.7)$$

Необхідна кількість робочих свердловин (N_k) визначається за формулою:

$$N_k = N_{роб} + N_{рез} + N_{контр}, \text{ шт.}, \quad (2.8)$$

де $N_{роб}$ – кількість робочих свердловин;
 $N_{рез}$ – кількість резервних свердловин;
 $N_{контр}$ – кількість контрольних свердловин.

$$N_{роб} = \frac{\pi D_{св}}{l}, \text{ шт.}, \quad (2.9)$$

де $l = 1,1...1,5$ м – відстань між двома сусідніми свердловинами. Залежить від багатьох факторів, приймається за досвідом заморозування. Резерв (запас) свердловин при виникненні необхідності їх перебудування

або перемикання $N_{рез}$ приймається $0,15N_{роб}$, шт.
Число контрольних свердловин мінімально може бути $N_{контр} = 4$ шт.

3. Розрахунок потужності заморозувальної станції і часу її роботи.

Для визначення потужності заморозувальної станції використовується так званий балансовий метод, згідно з яким теплопоглинаюча здатність заморозувальних колонок Q'_k в період активного заморозування повинна бути рівною або більшою кількості тепла, яке необхідно відвести від породи при її заморожуванні Q_3 і кількості тепла, яке потрібно в цей же час відвести для нейтралізації зовнішнього теплопритоку від незамерзених порід $Q'_{ох}$, тобто

$$Q'_k \geq Q_3 + Q'_{ох}, \quad (2.10)$$

при цьому

$$Q_3 = q'V_3, \quad (2.11)$$

де V_3 – об'єм породи, що підлягає заморожуванню, m^3 ;

$$V_3 = \pi(R_n^2 - R_e^2)H_3, \quad (2.12)$$

де R_e – внутрішній радіус ЛПО, приймається рівним радіусу виробки R_{np} , м;
 R_n – зовнішній радіус ЛПО, $R_n = R_e + E$, м;

q' – кількість тепла, що необхідно відвести для охолодження і заморожування $1 m^3$ породи від природної до заданої температури заморожування, kJ/m^3 :

$$q' = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (2.13)$$

де q_1 – кількість тепла, що необхідно відвести для охолодження води в $1 m^3$ породи від природної температури t_n (K) до температури замерзання t_0 (K),

$$q_1 = V_e \gamma_e C_e (t_n - t_0); \quad (2.14)$$

q_2 – кількість тепла, що необхідно відвести для відбору скритої теплоти льодоутворення,

$$q_2 = V_e \gamma_e \sigma_{л}, \quad (2.15)$$

q_3 – кількість тепла, що необхідно відвести для охолодження льоду від температури замерзання до заданої температури заморожування t_{cp} ,

$$q_3 = V_{л} \gamma_{л} C_{л} (t_0 - t_{cp}); \quad (2.16)$$

q_4 – кількість тепла, що необхідно відвести для охолодження скелету гірської породи від природної температури t_n до заданої

температури заморожування t_{cp} ,

$$q_4 = V_n \gamma_n C_n (t_n - t_{cp}); \quad (2.17)$$

де V_6 та V_n – об'єм води і скелету гірської породи в 1 м³ заморожуваного масиву, м³; $V_l = 1,09V_6$ – об'єм льоду, м³;

γ_6 , γ_l і γ_n – щільність води, льоду і скелета породи відповідно, кг/м³;

$\gamma_6 = 1000$ кг/м³; $\gamma_l = 917$ кг/м³; $\gamma_n = 1800 \dots 2400$ кг/м³.

C_6 , C_l , C_n – питома теплоємність води, льоду і скелету породи відповідно, кДж/(кг К); при розрахунках приймати, що:

$C_6 = 4,18$ кДж/(кг К); $C_l = 2,089$ кДж/(кг К); $C_n = 0,8$ кДж/(кг К).

$\sigma_l = 330$ кДж/кг – прихована теплота льодоутворення.

Орієнтовне значення середньої температури в кільцевому ЛПО:

$$t_{cp} = (0,35 \dots 0,4) t_p, \quad (2.18)$$

де t_p – температура прямого холодоносія (розсолу), К.

Кількість тепла, що необхідно відвести для охолодження навколишніх порід, кДж/год.,

$$Q_{ox} = S_{ox} q_{ox} = 2\pi (R_n + R_6) H_3 q_{ox}, \quad (2.19)$$

де q_{ox} – теплоприплив до 1 м² поверхні льодопородного огороження, що приймається за даними практики рівним 16—24 кДж/(м² год.).

Теплопоглинаючу здатність заморожувальних колонок Q_k , кДж/год., визначають як добуток поверхні заморожувальних колонок F на питомий тепловий приплив q_f , що надходить до 1 м² поверхні колонок з внутрішнім діаметром d_k (приймаємо у розрахунках, що $d_k = 0,146$ м), тобто,

$$Q_k = F q_f = \pi d_k N_k H_3 q_f. \quad (2.20)$$

$$q_f = 800 \dots 1200 \text{ Вт/м}^2. \quad (2.21)$$

Холодопродуктивність заморожувальної станції Q_{cm} визначається з урахуванням 10-20% втрат холоду в розсільній мережі, тобто

$$Q_{cm} = (1,1 \dots 1,2) Q_k, \text{ кДж/год.} \quad (2.22)$$

Тривалість роботи заморожувальної станції (τ_a) в активний період заморожування можна визначити з виразу:

$$\tau_a = \frac{Q_3}{(Q_k - Q_{ox}) 24}, \text{ діб.} \quad (2.23)$$

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Розрахунок параметрів ін'єкційного зміцнення порід

Мета: вивчення методики розрахунку параметрів зміцнення нестійких гірських порід навколо гірничих виробок на прикладі технології двоетапного нагнітання скріплюючих матеріалів через шпури (ін'єктування).

Завдання:

1. Визначити необхідну глибину ін'єктування порід (ширину зони зміцнення) та кількість свердловин (шпурів).
2. Вибрати рецептуру цементно-піщаного розчину та розрахувати необхідну кількість компонентів.
3. Розрахувати фактичну витрату розчину.
4. Оцінити очікувану міцність заін'єктованого масиву порід.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ширина виробки, м	4,4	4,5	4,6	4,3	4,4	4,5	4,6	4,3	5,0
Периметр перерізу виробки начорно, м	13,3	13,6	13,8	13,1	13,3	13,6	13,8	13,1	14,9
Глибина робіт, м	1000	800	900	1100	1200	1150	1050	950	850
Спосіб проведення	БВР	БВР	комб.	комб.	БВР	БВР	комб.	комб.	БВР
Наявність тектонічних порушень	так	ні	так	ні	так	ні	так	ні	так
Об'ємна вага порід	22000...24000 Н/м ³								
Міцність порід на стискування, МПа	35	40	45	40	35	40	45	40	30

Хід роботи.

1. Необхідна ширина (d) зони зміцнених порід безпосередньо визначається за формулою

$$d = b \left(\frac{1}{\sqrt{\sin \rho}} - 1 \right) \quad (3.1)$$

де b – півпрогін (половина ширини) виробки в напрямку виконуваного зміцнення порід, м;

ρ – кут внутрішнього тертя; за відсутності фактичних даних можна приймати: при перетинанні ділянки з тектонічними порушеннями, буровибуховим способом $\rho = 20^\circ$; при відсутності тектонічних порушень і спорудженні виробки з використанням БВР $\rho = 40^\circ$, при комбайновому спорудженні – відповідно 30 і 50° .

Необхідна міцність укріплених порід (Па) на контурі виробки визначається за формулою

$$\sigma_{cm}^y = (1 + q^y) \sigma_{cm}, \quad (3.2)$$

де q^y – коефіцієнт зміцнення:

$$q^y = \frac{2\gamma H}{k\sigma_{cm}} - 0,6, \quad (3.3)$$

k – коефіцієнт стійкості порід ($k = 0,75—1,0$);

σ_{cm} – міцність порід на стискування, Па;

γ – питома вага гірських порід, Н/м³;

H – глибина, м.

При $q^y \leq 0$ застосування методу зміцнення недоцільно, оскільки можлива при цьому умовна міцність порід не забезпечує протидію напруженням і запобігання зміщенням порід.

Кількість зміцнювальних свердловин приймають із розрахунку одна свердловина на $1,5—2,0$ м² площі породних відслонень виробки, їх глибина - $d + 10$ см.

2. Необхідну кількість компонентів для приготування 1 м³ піщано-цементного розчину визначають в залежності від співвідношення компонентів Ц:П:В (1:2:1; 1:3:1,08; 1:3:2; 1:4:1,57; 1:5:2,14) за формулами:

- вода

$$W_s = \frac{B \cdot \rho_u \cdot \rho_s \cdot \rho_n}{Ц \rho_s \rho_n + B \rho_u \rho_n + П \rho_u \rho_s}, \quad (3.4)$$

- цемент

$$W_u = \frac{Ц \cdot \rho_u \cdot \rho_s \cdot \rho_n}{Ц \rho_s \rho_n + B \rho_u \rho_n + П \rho_u \rho_s}, \quad (3.5)$$

- пісок

$$W_n = \frac{П \cdot \rho_u \cdot \rho_s \cdot \rho_n}{Ц \rho_s \rho_n + B \rho_u \rho_n + П \rho_u \rho_s}, \quad (3.6)$$

де Ц, П, В – кількість частин відповідно цементу, піску і води (по вазі);
 $\rho_{\text{ц}}, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{п}}$ – щільність цементу, піску та води, кг/м^3 .
 $\rho_{\text{ц}} = 1100 \dots 1300 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{п}} = 1300 \dots 1500 \text{ кг/м}^3$.

3. Фактична витрата розчину з урахуванням 10% виробничих втрат

$$Q_{\phi} = 1,1P(\phi h_{\text{cp}} + 0,1d) \quad (3.7)$$

де ϕ – коефіцієнт, який враховує наявність забутовки за кріпленням (при нормально забутованому закріпному просторі $\phi = 0,4-0,6$);
 h_{cp} – середня висота пустот закріпного простору, м;
 P – периметр перерізу виробки начорно, м;
 d – ширина зони зміцнення, м.

4. Міцність заін'єктованого масиву визначається зчепленням у затампонованій тріщині, тому коефіцієнт зчеплення тампонажного каменю $C_{\text{зч}}$ визначається за формулою

$$C_{\text{зч}} = \frac{\sigma_{\text{ст}}^y (1 - \sin \rho_1)}{2 \cos \rho_1} \quad (3.8)$$

де ρ_1 – кут внутрішнього тертя у затампонованій тріщині ($20 \dots 30^\circ$).

Діапазон необхідного зчеплення тампонажного каменю можна перевірити за номограмою [3]:

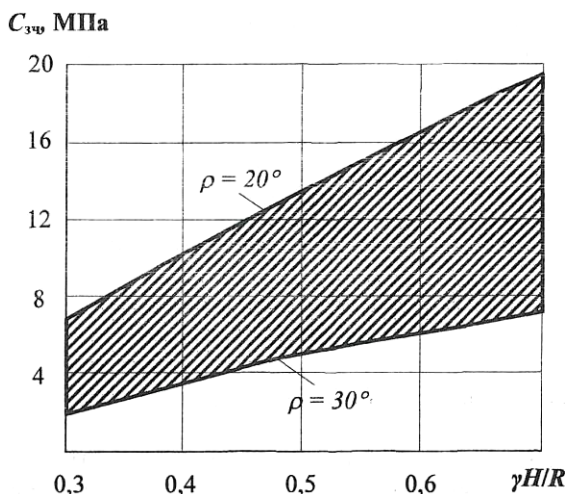


Рис. 3.1 – Діапазон необхідного зчеплення тампонажного каменю для різних значень кута внутрішнього тертя ($R = \sigma_{\text{ст}}^y$)

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Розрахунок параметрів набризкбетонного кріплення

Мета: Ознайомитись з методикою визначення товщини набризкбетону для кріплення підземних гірничих виробок. За основу взято розрахунок параметрів набризкбетонного кріплення, наведений у [3], з необхідними правками та доповненнями.

Завдання:

Для зазначених вихідних даних:

1. Обґрунтувати необхідність (або її відсутність) кріплення боків виробки.
2. Визначити товщину набризкбетонного кріплення виробки при арковій та – в залежності від варіанту – прямокутній або трапецієподібній формі перетину.
3. Сформулювати висновок щодо доцільного варіанту.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7
Тип виробки	Похил	Штрек	Квершлаг	Штрек	Квершлаг	Бремсберг	Штрек
Форма перетину - 2	Прям.	Трап.	Прям.	Прям.	Трап.	Трап.	Трап.
Кут падіння порід, град	5	6	7	8	9	4	10
Глибина залягання, м	300	330	350	370	400	390	450
Міцність вугілля	1	1,2	—	1,6	—	1,3	1,4
Міцність порід покрівлі	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
Ширина виробки, м	3	3,5	4	4,5	4,6	3,9	4
Висота виробки, м	2,6	2,75	3,1	3,2	3,3	3,1	3,2
Середня щільність порід над виробкою, т/м ³	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
Середня щільність порід в межах можливого вивалу, т/м ³	2,8	2,6	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2
Марка набризкбетону	400	600	400	600	400	600	400

Хід роботи.

1. Товщина набризкбетонного кріплення прямокутної виробки, якщо очікуване зміщення гірських порід у виробку невідоме, розраховується за формулою:

$$b = \frac{4n\gamma_c a_n L_6 \cos \alpha (a_n + h\psi\eta)}{3L_{\max} \sigma_{зр} K_n f_n}, \quad (4.1)$$

де a_n – півпрогін виробки у світлі, см;

γ_c – середня щільність гірських порід у межах можливого склепіння обвалення, Н/см³;

n – коефіцієнт запасу, що враховує недостатню вивченість взаємодії набризкбетонного кріплення з гірськими породами (рекомендується $n = 3-4$);

L_6 – довжина виробки, в розрахунку приймається ділянка в 1 м;

h – висота виробки у проходці, см;

α – кут нахилу виробки, град;

$L_{\max}$ – максимальна довжина поверхні виробки, на якій може відбутись зрізання набризкбетону, см; $L_{\max} = 2L_6$;

K_n – коефіцієнт, який враховує зменшення міцності порід покрівлі виробки від їх тріщинуватості та дії тривалого навантаження (табл. 4.2);

f_n – коефіцієнт міцності гірських порід, що залягають у покрівлі виробки в межах, які дорівнюють її висоті;

$\sigma_{зр}$ – гранична міцність набризкбетону на зріз, Н/см²;

$\sigma_{зр} = (0,04...0,06) \sigma_{ст}$,

$\sigma_{ст}$ – гранична межа міцності на одновісний стиск набризкбетону, Н/см²; при використанні цементу марки 400 $\sigma_{ст} = 280$ Н/см², марки 600 – $\sigma_{ст} = 400$ Н/см²);

η – коефіцієнт, який характеризує нахил призми сповзання у боках виробки (табл. 4.2);

$\psi = \frac{K_{ст}\gamma H}{1000K_6 f_6} - 1$ – коефіцієнт, що характеризує стійкість боків виробки:

при $\psi \leq 0$ кріплення боків не потрібно; при $\psi \leq 1$ виробку можна кріпити набризкбетоном, при $\psi > 0$ доцільно набризкбетон використовувати в комбінації з іншими видами кріплення: анкерного, рамного металевого тощо;

$K_{ст}$ – коефіцієнт концентрації стискувальних напружень на контурі виробки (табл. 4.1);

H – глибина розташування виробки від поверхні, см;
 K_{ϕ} – коефіцієнт, який враховує зниження міцності порід у боках виробки (табл. 4.2);
 γ – середня щільність товщі порід, які залягають над виробкою до поверхні, Н/см³;
 f_{ϕ} – коефіцієнт міцності гірських порід у боках виробки.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти концентрації стискувальних напружень на контурі виробки

Форма перерізу виробки	$2 a_n / h$	K_{cm}
Прямокутна	1; 1,5; 2	2,8; 3; 3,2
Трапецієподібна	1; 1,5	2,6; 2,7
Склепінна	1; 1,5	2; 2,5
Аркова	1; 1,5	1,8; 2,0

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнтів K_n , K_{ϕ} , η залежно від коефіцієнта міцності порід за шкалою Протодяконова

Коефіцієнт	Вугілля з f				Порода з f					
	до 1	1-1,5	1,5-2	2-3	2-4	4-5	5-6	6-7	7-9	9-16
$K (K_n, K_{\phi})$	0,75	0,68	0,67	0,60	0,62	0,65	0,68	0,72	0,80	0,90
η	0,45	0,38	0,26	0,13	0,15	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04

За наявності в покрівлі різних шарів гірських порід приймається середнє значення коефіцієнта міцності гірських порід

$$f = \frac{\sum_n f_i m_i}{\sum_n m_i} \quad (4.2)$$

де m_i – товщина i -го шару порід з міцністю f_i , см.

При цьому сумарна товщина породних шарів приймається рівною висоті виробки.

2. У виробках склепінної та аркової форм товщина набризкбетонного кріплення розраховується за формулою:

$$b = \frac{4n\gamma_c a_n L_e \cos \alpha}{3L_{\max} \sigma_{zp}} \left[\frac{(a_n + h\psi\eta) - \frac{\lambda}{4a_n} h}{K_n f_n} \right] \quad (4.3)$$

λ – стріла підйому склепіння (контуру покрівлі) виробки, см.

3. При закріпленні виробок комбінованим кріпленням (анкерним і набризкбетонним) товщина набризкбетону визначається за формулою:

$$b = \frac{n\gamma_c (a_n + h\psi/\eta) S_a S_p}{\sigma_{зр} K_n f_n (S_a + S_p)}, \quad (4.4)$$

де S_a – відстань між анкерами в ряду, см;

S_p – відстань між рядами анкерів, см;

За. Якщо виробка при комбінованому кріпленні закріплена анкерами з підхватами, товщина набризкбетонного кріплення визначається за формулою:

$$b = \frac{n\gamma_c (a_n + h\psi/\eta) S_a}{4\sigma_{зр} K_n f_n l_n}, \quad (4.5)$$

де l_n – довжина анкерного підхвата, см.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по сооружению шахтных стволов специальными способами / В. В. Давыдов [и др.] ; под общ. ред. Н. Г. Трупака. – Москва : Недра, 1980. – 392 с.
2. Строительство горных выработок в сложных горнотехнических условиях: Справочник / Б. Л. Картозия, В. А. Пшеничный, И. Г. Косков и др.; Под ред. Б. А. Картозия. — М.: Недра, 1992. — 320 с.: ил.
3. Бондаренко В.І., Бузило В.І., Табаченко М.М., Медяник В.Ю. Геомеханічні основи підвищення стійкості гірничих виробок: Навчальний посібник. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2010. – 408 с.
4. Насонов И.Д. Технология строительства подземных сооружений. Ч. III. Специальные способы строительства // И.Д. Насонов, В.А. Федюкин, М.Н. Шуплик. М.: Недра, 1992. 311 с.
5. Панченко В.О., Костюк М.Г., Качура А.О., Окуневський Л.М. Технологія і механізація будівельних процесів / Навчально-методичний посібник. – Х.: ХНАМГ, 2005. – 243 с.

Леонід Леонідович Бачурін
Ярослава Павлівна Бачуріна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних робіт з дисципліни
«СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВИРОБОК»
для студентів спеціальності 184 «Гірництво», освітній ступінь «магістр»

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 1,28. Обл.-вид. арк. 0,9.
Друк лазерний. Тираж 15 прим.

Надруковано у Видавничому центрі П ДВНЗ ДонНТУ