

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра відкритих гірничих робіт та раціонального надрокористування

ТЕХНОЛОГІЯ ТА БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра
зі спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології

У 2 частинах

Частина 1 ПІДЗЕМНІ ГІРНИЧІ РОБОТИ

Дніпро
НТУ «ДП»
2026

Собко Б.Ю.

Технологія та безпека виконання підривних робіт [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня бакалавра зі спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології : у 2-х ч. Ч. 1 Підземні гірничі роботи / Б.Ю. Собко, М.М. Кононенко, О.Є. Хоменко, А.В. Косенко, М.О. Чебанов ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2026. – 39 с.

Автори:

Б.Ю. Собко, д-р техн. наук, проф.;

М.М. Кононенко, д-р техн. наук, проф.;

О.Є. Хоменко, д-р техн. наук, проф.;

А.В. Косенко, канд. техн. наук, доц.;

М.О. Чебанов, PhD, доц.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології (протокол № 2 від 18.03.2026) за поданням кафедри відкритих гірничих робіт та раціонального надрокористування (протокол № 3 від 06.03.2026)

Уміщено теоретичні відомості за темами лекційного курсу, варіанти практичних завдань з рекомендаціями до їх виконання, контрольні питання, список використаної та рекомендованої літератури.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів ступеня бакалавра зі спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології для закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Технологія та безпека виконання підривних робіт».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри відкритих гірничих робіт та раціонального надрокористування Б.Ю. Собко, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
Практична робота № 1. Складання умовної хімічної формули вибухової речовини та реакцію її вибухового розкладання	5
Практична робота № 2. Визначення працездатності вибухових речовин за ступенем реалізації хімічної реакції	10
Практична робота № 3. Розрахунок та розробка паспорта буропідривних робіт для проведення горизонтальної гірничої виробки	15
Практична робота № 4. Розрахунок параметрів буропідривних робіт для відбивання запасів руди камери	29
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	38

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «*Технологія та безпека виконання підричних робіт*» містить у собі основні відомості про технології виконання підричних робіт в підземних умовах, на відкритих гірничих роботах, умови зберігання та транспортування вибухових матеріалів, питання щодо персоналу, який виконує підричні роботи, та розробки проєктної документації на підричні роботи. Значна увага приділена заходам техніки безпеки для персоналу, що виконує підричні роботи, та заходам захисту середовища в зоні впливу підричних робіт.

Дисципліна «*Технологія та безпека виконання підричних робіт*» – фахова освітня компонента за освітньою програмою «*Гірництво*» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Метою дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти концептуальних знань щодо проєктування технології та безпеки виконання підричних робіт при розробці родовищ корисних копалин.

Методичні рекомендації призначені для формування практичних навичок, що пов'язані з закріпленням, поглибленням та узагальненням теоретичних знань, при вирішенні конкретних інженерних задач з технології та безпеки виконання підричних робіт при видобутку твердих корисних копалин.

В методичних рекомендаціях представлено практичні роботи, текст яких викладено за типовою структурною схемою: тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю. Використання методичних рекомендацій полегшить сприйняття та рівень засвоєння навчального матеріалу, а також надасть змогу здобувачу освіти набути досвіду використання знань, вмінь і навичок з технології та безпеки виконання підричних робіт при видобутку твердих корисних копалин у безпосередній практичній діяльності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

СКЛАДАННЯ УМОВНОЇ ХІМІЧНОЇ ФОРМУЛИ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ ТА РЕАКЦІЮ ЇЇ ВИБУХОВОГО РОЗКЛАДАННЯ

Мета роботи: надбання навичок складання умовної хімічної формули вибухової речовини та реакцію її вибухового розкладання

В результаті виконання практичної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** класифікувати промислові вибухові матеріали та знати основні їх параметри; знати термодинаміку вибуху, методи оцінки підричних властивостей, початковий імпульс та чутливість промислових вибухових речовин.

1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Умовна хімічна формула вибухової речовини (ВР) – це спосіб представлення елементного складу індивідуальної ВР або суміші, що виражає кількість грам-атомів (молів) кожного хімічного елемента, які містяться в 1 кг цієї речовини. Тобто, це спрощений узагальнений запис елементного складу вибухової речовини, у якому складна суміш хімічних сполук подається у вигляді однієї «умовної» молекули з певними кількостями атомів С, Н, О, N (інколи Al тощо). На відміну від звичайної молекулярної формули (яка описує склад однієї молекули), умовна формула використовується для термодинамічних розрахунків параметрів вибуху: теплоти вибуху, об'єму газоподібних продуктів та кисневого балансу ВР.

Найчастіше умовну хімічну формулу ВР записують як



або з урахуванням добавок



де a, b, c, d, e – умовні (середні) кількості атомів, визначені з масового складу ВР

Тому, коротке можна сформулювати, що умовна хімічна формула ВР – це розрахункова узагальнена формула, що відображає середній елементний склад вибухової речовини і використовується для термохімічних та детонаційних розрахунків.

Умовну хімічну формулу ВР визначають у наступній послідовності. Маса одного моля i -тої речовини у складі ВР

$$n_i = \frac{m_i}{M_i}, \text{ моль}, \quad (1.3)$$

де m_i – маса i -тої речовини у складі ВР, визначають виходячи з відсоткового вмісту i -тої речовини у складі ВР за формулою

$$m_i = \frac{B_i}{100\%} \cdot 1000, \text{ г}, \quad (1.4)$$

де 1000 – маса 1 кг ВР, г; B_i – вміст i -тої речовини у складі ВР, %; M_i – молярна маса i -тої речовини, г/моль.

Для виведення умовної хімічної формули ВР, яка повинна мати загальний вигляд $C_aH_bN_cO_dAl_e$, обчислюється число молей:

– атомів вуглецю

$$a = a_1n_1 + a_2n_2 + \dots + a_in_i; \quad (1.5)$$

– атомів водню

$$b = b_1n_1 + b_2n_2 + \dots + b_in_i; \quad (1.6)$$

– атомів азоту

$$c = c_1n_1 + c_2n_2 + \dots + c_in_i; \quad (1.7)$$

– атомів кисню

$$d = d_1n_1 + d_2n_2 + \dots + d_in_i; \quad (1.8)$$

– атомів алюмінію

$$e = e_1n_1 + e_2n_2 + \dots + e_in_i. \quad (1.9)$$

Кисневим балансом ВР зветься відношення надлишку чи нестачі кисню у ВР для повного окиснення горючих елементів, виражене у грам-атомній масі до грам-молекулярної маси ВР.

Кисневий баланс індивідуальних ВР можна обчислити за їх хімічними формулами. Якщо індивідуальне ВР містить атоми кисню, водню та азоту і його хімічний склад описується формулою $C_aH_bN_cO_d$, то його кисневий баланс

$$K_{\bar{o}} = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot 16}{12a + b + 14c + 16d} \cdot 100, \%, \quad (1.10)$$

де $2a$ – число атомів кисню в CO_2 ; $b/2$ – число атомів кисню в H_2O ; $12a + b + 14c + 16d$ – маса моля ВР, г/моль.

Для сумішевих ВР обчислення кисневого балансу виконується, виходячи з відсоткового вмісту компонентів суміші і за її умовною хімічною формулою або за величиною кисневого балансу кожного компонента, що подається у довідниках. У тому випадку, якщо крім атомів водню, кисню, вуглецю та азоту до складу ВР входить алюміній його хімічний склад виражається умовною формулою $C_aH_bN_cO_dAl_e$, то його кисневий баланс

$$K_{\bar{o}} = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2} + \frac{3}{2}e \right) \right] \cdot 16}{12a + b + 14c + 16d + 27e} \cdot 100, \%, \quad (1.11)$$

де $3e/2$ – число атомів кисню в Al_2O_3 .

Кисневий баланс сумішевих ВР на практиці частіше обчислюють, відносячи до одного кілограму суміші

$$K_{\bar{o}} = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2} + \frac{3}{2}e \right) \right] \cdot 16}{1000} \cdot 100, \%. \quad (1.12)$$

Залежно від надлишку чи нестачі кисню розрізняють ВР з нульовим, негативним чи позитивним кисневим балансом. Кисневий баланс вважається нульовим, якщо кількість кисню у складі ВР дорівнює тій кількості, котра потрібна для повного окиснення всіх горючих елементів даної ВР, тобто

$d = 2a + b/2$ або $d = 2a + b/2 + 3e/2$. Якщо кількість кисню у складі ВР недостатньо для повного окиснення, то кисневий баланс є негативним ($d < 2a + b/2$ або $d < 2a + b/2 + 3e/2$). Якщо у складі ВР мається надлишок кисню, то її кисневий баланс буде позитивним ($d > 2a + b/2$ або $d > 2a + b/2 + 3e/2$).

Кисневий баланс ВР має велике практичне значення. ВР з нульовим кисневим балансом вибухають з максимальним виділенням енергії. Окрім того, залежно від величини позитивного чи негативного кисневого балансу під час вибуху ВР, утворюється значна кількість тих чи інших отруйних газів. Промислові ВР, як правило, мають нульовий чи невеличкий позитивний кисневий баланс (від 0,1 % до 4 %). Надлишок кисню витрачається на окислення паперових оболонок і парафінового покриття патронів ВР.

Реакція вибухового розкладання – це процес надзвичайно швидкого хімічного перетворення ВР, який супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії та утворенням сильно стиснутих газів, здатних виконувати механічну роботу. Це складна хімічна реакція, яка почавшись в одній точці під дією зовнішнього імпульсу, здатна самотійно поширюватися по всій масі заряду.

Для того, щоб реакція розкладання вважалася вибуховою, вона повинна відповідати чотирьом критеріям:

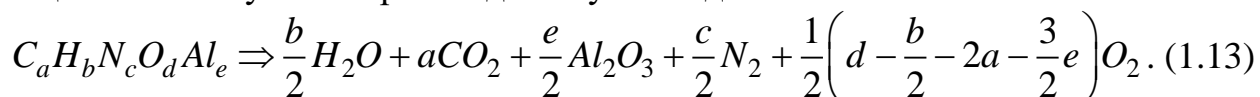
1. *Екзотермічність (виділення тепла)*: реакція має відбуватися з виділенням великої кількості енергії (наприклад, для тротилу це близько 4200 кДж/кг). Це тепло нагріває продукти вибуху до високих температур (2500–5000 °С), що створює великий тиск;

2. *Велика швидкість*: реакція повинна тривати мікро- або мілісекунди. Якщо швидкість мала, енергія встигає розсіюватися в навколишнє середовище без вибухового ефекту;

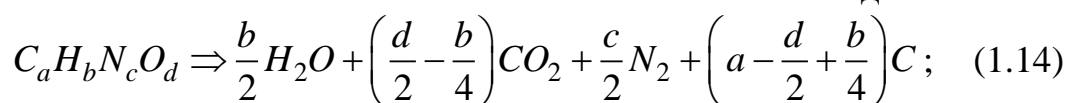
3. *Газоутворення*: продуктами реакції обов'язково мають бути гази або пари (наприклад, N_2 , CO_2 , H_2O , CO). Саме розширення цих газів під дією тепла виконує роботу з руйнування чи метання;

4. *Здатність до самопоширення*: енергія, що виділилася в одному шарі речовини, повинна бути достатньою для того, щоб ініціювати реакцію в наступному шарі.

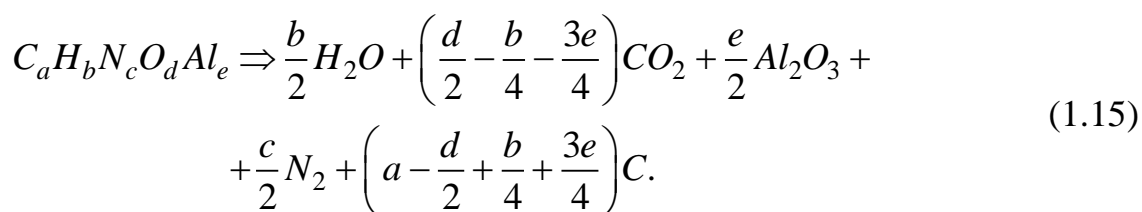
Реакція вибухового розкладання зазвичай описується рівнянням, де складна молекула ВР розпадається на прості гази. Тому, знаючи елементарний хімічний склад ВР з нульовим або позитивним кисневим балансом, можна легко скласти реакцію його вибухового розкладання у вигляді



Реакція вибухового розкладання за методом Камлета-Якобса (Kamlet-Jacobs) для багатьох ВР з негативним кисневим балансом має вигляд



або



1.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання 1. За вихідними даними, що подано у табл. 1.1, скласти умовну хімічну формулу ВР та реакцію її вибухового розкладання.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для складання умовної хімічної формули ВР та реакцію її вибухового розкладання

№ варіанта	ВР	Склад ВР
1	2	3
0	Амоніт №6 ЖВ	Тротил $C_7H_5N_3O_6$ (21 %); аміачна селітра NH_4NO_3 (79 %).
1	Ігданіт	Аміачна селітра NH_4NO_3 (95 %); дизильне паливо $C_{12}H_{26}$ (5 %).
2	Скельний амоніт № 1	Аміачна селітра NH_4NO_3 (66 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (5 %); гексоген $C_3H_6N_6O_6$ (24 %); алюмінієва пудра Al (5 %).
3	Грануліт М	Аміачна селітра NH_4NO_3 (94,5 %); дизильне паливо $C_{12}H_{26}$ (5,5 %).
4	Грамоніт 30/70	Аміачна селітра NH_4NO_3 (30 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (70 %).
5	Грамоніт 50/50	Аміачна селітра NH_4NO_3 (50 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (50 %).
6	Грамоніт 79/21	Аміачна селітра NH_4NO_3 (79 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (21 %).
7	Грамоніт 82/18	Аміачна селітра NH_4NO_3 (82 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (18 %).
8	Грамоніт А	Аміачна селітра NH_4NO_3 (87 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (9,5 %); дизильне паливо $C_{12}H_{26}$ (3,5 %).
9	Грануліт АС-4	Аміачна селітра NH_4NO_3 (92 %); дизильне паливо $C_{12}H_{26}$ (4 %); алюмінієва пудра Al (4 %).
10	Грануліт АС-8	Аміачна селітра NH_4NO_3 (90 %); дизильне паливо $C_{12}H_{26}$ (2 %); алюмінієва пудра Al (8 %).
11	Амонал скельний № 3	Аміачна селітра NH_4NO_3 (72 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (5 %); гексоген $C_3H_6N_6O_6$ (15 %); алюмінієва пудра Al (8 %).
12	Амонал М10	Аміачна селітра NH_4NO_3 (76 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (14 %); алюмінієва пудра Al (10 %).
13	Амонал скельний № 1	Аміачна селітра NH_4NO_3 (80,5 %); тротил $C_7H_5N_3O_6$ (15 %); алюмінієва пудра Al (4,5 %).

1	2	3
14	Грамоніт 30/70	Аміачна селітра NH_4NO_3 (30 %); тротил $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ (70 %).
15	Грамоніт 50/50	Аміачна селітра NH_4NO_3 (50 %); тротил $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ (50 %).
16	Грануліт АС-4	Аміачна селітра NH_4NO_3 (92 %); дизильне паливо $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (4 %); алюмінієва пудра Al (4 %).
17	Грануліт АС-8	Аміачна селітра NH_4NO_3 (90 %); дизильне паливо $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (2 %); алюмінієва пудра Al (8 %).
18	Скельний амоніт № 1	Аміачна селітра NH_4NO_3 (66 %); тротил $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ (5 %); гексоген $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$ (24 %); алюмінієва пудра Al (5 %).
19	Ігданіт	Аміачна селітра NH_4NO_3 (95 %); дизильне паливо $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (5 %).
20	Грамоніт А	Аміачна селітра NH_4NO_3 (87 %); тротил $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ (9,5 %); дизильне паливо $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (3,5 %).

Завдання 2. Надати письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, розрахунки, висновки, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

1.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Складемо умовну хімічну формулу ВР та реакцію її вибухового розкладання за варіантом №0.

Визначаємо масу i -тої речовини у складі ВР за формулою (1.4).

Маса тротилу в 1 кг ВР

$$m_T = \frac{21\%}{100\%} \cdot 1000 = 210 \text{ г.}$$

Маса аміачної селітри в 1 кг ВР

$$m_{A.C.} = \frac{79\%}{100\%} \cdot 1000 = 790 \text{ г.}$$

Визначаємо масу одного молю i -тої речовини у складі ВР за формулою (1.3).

Маса одного моля тротилу

$$n_T = \frac{210}{227} = 0,925 \text{ моль.}$$

Маса одного моля аміачної селітри

$$n_{A.C.} = \frac{790}{80} = 9,875 \text{ моль.}$$

Для виведення умовної хімічної формули ВР, яка повинна мати загальний вигляд $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c\text{O}_d$, визначаємо число молей за формулами (1.5)–(1.8).

Число молей:

– атомів вуглецю

$$a = 7 \cdot 0,925 + 0 \cdot 9,875 = 6,48;$$

– атомів водню

$$b = 5 \cdot 0,925 + 4 \cdot 9,875 = 44,13;$$

– атомів азоту

$$c = 2 \cdot 0,925 + 2 \cdot 9,875 = 21,6;$$

– атомів кисню

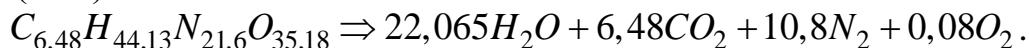
$$d = 6 \cdot 0,925 + 3 \cdot 9,875 = 35,18.$$

На підставі розрахунку складемо умовну хімічну формулу ВР, яка має вигляд $C_{6,48}H_{44,13}N_{21,6}O_{35,18}$.

Визначаємо кисневий баланс ВР за формулою (1.12)

$$K_6 = \frac{\left[35,18 - \left(2 \cdot 6,48 + \frac{44,13}{2} + \frac{3}{2} \cdot 0 \right) \right] \cdot 16}{1000} \cdot 100 \approx 0 \text{ \%}.$$

Складаємо реакцію вибухового розкладання ВР Амоніт №6 ЖВ за формулою (1.13)



Висновок: За результатами розрахунків було виведено умовну хімічну формулу ВР Амоніту №6 ЖВ, яка має вигляд $C_{6,48}H_{44,13}N_{21,6}O_{35,18}$. Така формула відображає усереднений вміст хімічних елементів у суміші, що складається з аміачної селітри та тротилу. Складене рівняння вибухового розкладання ВР Амоніт №6 ЖВ показує, що основними продуктами вибуху є водяна пара (H_2O), вуглекислий газ (CO_2) та вільний азот (N_2).

Питання для самоконтролю

1. Що таке умовна хімічна формула ВР?
2. Що таке кисневий баланс ВР?
3. Який кисневий баланс має більшість промислових ВР?
4. Що таке реакція вибухового розкладання?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ЗА СТУПЕНЕМ РЕАЛІЗАЦІЇ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Мета роботи: надбання навичок визначати працездатність вибухових речовин за ступенем реалізації хімічної реакції

В результаті виконання практичної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** класифікувати промислові вибухові матеріали та знати основні їх параметри; знати термодинаміку вибуху, методи оцінки підривних властивостей, початковий імпульс та чутливість промислових вибухових речовин.

2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

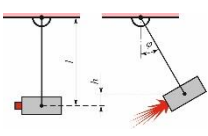
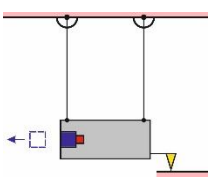
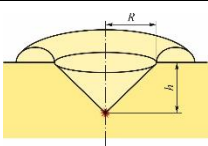
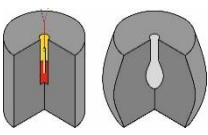
Фугасність – здатність ВР під час вибуху розламувати та дробити об'єкт, на який направлено силу вибуху, наприклад, гірську породу на певній відстані

від контакту заряду з об'єктом та відкидати роздроблену масу. Фугасну дію оцінюють за потенційною енергією або за працездатністю ВР.

Працездатність ВР – це здатність ВР виконувати механічну роботу під час вибуху, результатом якої є руйнування та викидання навколишнього середовища. Працездатність ВР залежить від кількості тепла і газів, що виділяються у процесі вибуху, а також від швидкості детонації ВР.

На сьогодні для експериментальної оцінки працездатності ВР на практиці використовують наступні методи: балістичного маятника, балістичної мортири, визначення об'єму воронки викиду ґрунту, свинцевої бомби (метод Трауця І.). Стисло характеристику експериментальних методів визначення працездатності ВР подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика експериментальних методів визначення працездатності ВР

Метод	Схема	Переваги та недоліки
Балістичного маятника		Перевага методу полягає у можливості проводити випробування великих зарядів масою більше 200 г. Однак недоліком є те, що маятник не дає можливості оцінити абсолютні та відносні значення роботи із-за складності умов, малого та невизначеного ступеня розширення продуктів вибуху, які можуть відрізнятися від істинних.
Балістичної мортири		Балістична мортира є точним інструментом, однак до її недоліків можна віднести наступні: мала маса заряду ВР, що не дає можливість досліджувати прості та водовмісні ВР і емульсійних ВР (ЕВР), більшість з яких повністю реагують тільки при більших діаметрах заряду. Початковий стан ВР відповідає нереально низькій щільності заряджання, тобто заряд ВР повинен займати всього лиш 2–5 % об'єму камери, а це особливо небажано, оскільки при такій низькій щільності заряджання теплота вибуху часто виявляється занадто низькою при малій працездатності або тиску.
Воронки викиду ґрунту		Перевагою методу є те, що він дозволяє випробувати заряди вагової маси в умовах практичного використання. Але недоліки методу полягають у поганій повторюваності та низькій точності.
Свинцевої бомби (метод Трауця І.)		Перевагою є простота методу. Недоліки: працездатність ВР виражається у деяких умовних одиницях прирощення об'єму. Крім того за величиною розширення отвору неможна кількісно порівнювати ВР, а можна лише їх розставити у деякий відносний ряд. Ще недоліками метода є велика маса бомби, яка сягає приблизно 70 кг, а також висока вартість випробувань, це пов'язано з тим, що перед кожним дослідом бомба повинна переплавлятися и наново відливатися.

Визначення працездатності ВР за допомогою експериментальних методів довів має низку вагомих особливостей, що пов'язані з критичним діаметром, особливо це стосується сучасних ЕВР. Великий критичний діаметр, з одного боку, забезпечує низьку чутливість ЕВР до механічних впливів і, отже, дозволяє широко механізувати їх виготовлення та застосування безпосередньо на місці ведення підричних робіт. З іншого боку, це вимагає проведення експериментів із зарядами великої маси, що призведе до відмови від традиційних методів визначення працездатності за допомогою методу Трауцля І. у свинцевій бомбі, випробування у балістичній мортирі або маятнику. Тому для ЕВР визначення відносної працездатності необхідно проводити за допомогою аналітичних методів розрахунку.

Використання різних промислових ВР при проведенні гірничих виробок і відбиванні масиву з різними детонаційними характеристиками обумовлює необхідність визначення коефіцієнта працездатності щодо еталонної ВР, яким є Амоніт № 6 ЖВ. Але у відомих методах коефіцієнт працездатності визначається за комбінацією різних показників характеристик ВР, що дає значні розбіжності в отриманих результатах розрахунку, а для ЕВР взагалі є заниженими. У зв'язку з цим коефіцієнт працездатності для всіх промислових ВР пропонується визначати з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, що дозволить врахувати енергетичні та детонаційні характеристики ВР, такі як, теплота й об'єм газів вибуху, щільність і швидкість детонації ВР. Розрахунок коефіцієнта працездатності ВР пропонується розраховувати у такій послідовності:

- розрахунок ідеальної швидкості детонації;
- встановлення ступеня реалізації швидкості детонації;
- визначення теплоти вибуху за ступенем реалізації швидкості детонації;
- розрахунок коефіцієнту працездатності за ступенем реалізації швидкості детонації ВР, тобто за завершеністю хімічної реакції.

Ідеальну швидкість детонації, тобто максимально можливу при заданій щільності (густині) ВР, визначається за формулою

$$D_i = 2641 + 3,231 \cdot \rho \cdot \sqrt{Q_{BP} \cdot V_{PB}}, \text{ м/с}, \quad (2.1)$$

де ρ – щільність (густина) ВР, г/см³; Q_{BP} – теплота вибуху ВР, ккал/кг, визначається діленням значення Q_{BP} в кДж/кг на коефіцієнт 4,19 (механічний еквівалент теплової енергії); V_{PB} – об'єм продуктів вибуху, л/кг.

Ступінь реалізації швидкості детонації, тобто завершеність хімічної реакції визначається за виразом

$$\eta_x = \frac{D_e}{D_i} \cdot 100, \%, \quad (2.2)$$

де D_e – експериментальна швидкість детонації, м/с.

Теплота вибуху з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації розраховується за виразом

$$Q = \frac{Q_{BP} \cdot \eta_x}{100}, \text{ кДж/кг}, \quad (2.3)$$

де Q_{BP} – теплота вибуху 1 кг ВР, кДж/кг.

Коефіцієнт працездатності ВР розраховується за наступним співвідношенням

$$e = Q_E / Q_{BP}, \quad (2.4)$$

де Q_E – теплота вибуху 1 кг еталонної ВР з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, кДж/кг; Q_{BP} – теплота вибуху 1 кг прийнятої ВР з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, кДж/кг.

Для розрахунку коефіцієнту працездатності ВР за ступенем реалізації хімічної реакції у якості еталонної ВР приймаємо Амоніт №6 ЖВ, який має такі детонаційні характеристики: щільність заряджання $\rho = 1100$ кг/м³, швидкість детонації $D = 4100$ м/с, теплота вибуху з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації $Q_E = 2923$ кДж/кг, об'єм продуктів вибуху $V = 895$ л/кг.

2.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання 1. За вихідними даними, що подано у табл. 2.2, розрахувати коефіцієнт працездатності ВР за ступенем реалізації хімічної реакції.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнту працездатності ВР за ступенем реалізації хімічної реакції

№ варіанта	ВР	Щільність, ρ , кг/м ³	Експерименталь на швидкість детонації, D_e , м/с	Теплота вибуху ВР, Q_{BP} , кДж/кг	Об'єм продуктів вибуху, $V_{ПВ}$, л/кг.
1	2	3	4	5	6
0	Україніт-П-СА	1150	5100	3900	825
1	Грамоніт 79/21	1000	3400	4291	895
2	Україніт-ПП-2	1000	4900	3100	760
3	Україніт-АНФО (КМ-1)	850	3500	3760	980
4	Грануліт АС-8	1000	3000	5200	907
5	ANFO	850	3500	3800	966
6	Грануліт АС-4	1000	3000	4500	907
7	Україніт-ПП-2	1100	5200	3100	800
8	Амонал скельний №1	1500	6250	5409	830
9	Україніт-П-СА	1135	5050	4100	825
10	Україніт-ПП-2	950	4800	3100	780
11	Грамоніт 79/21	1150	3600	4291	895
12	Україніт-АНФО (КМ-1)	900	3500	3760	980
13	Грамоніт А	1000	3500	3929	947
14	Україніт-ПП-2	1150	5350	3100	840
15	Грамоніт 79/21	1100	3500	4291	895
16	Грануліт АС-8	1100	3300	5200	907
17	Грамоніт А	1100	3550	3929	947

1	2	3	4	5	6
18	Україніт-ПП-2	900	4600	3100	740
19	Грануліт АС-4	1150	3500	4500	907
20	Україніт-АНФО (КМ-1)	950	3800	3800	985

Завдання 2. Надати письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, розрахунки, висновки, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

2.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо коефіцієнт працездатності ВР за ступенем реалізації хімічної реакції згідно варіанта №0.

Визначаємо ідеальну швидкість детонації, тобто максимально можливу при заданій щільності (густині) ВР за формулою (2.1)

$$D_i = 2641 + 3,231 \cdot 1,15 \cdot \sqrt{931 \cdot 825} = 5897 \text{ м/с.}$$

Визначаємо ступінь реалізації швидкості детонації, тобто завершеність хімічної реакції за формулою (2.2)

$$\eta_x = \frac{5100}{5897} \cdot 100 = 86 \text{ \%}.$$

Визначаємо теплоту вибуху з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації за формулою (2.3)

$$Q = \frac{3900 \cdot 86}{100} = 3354 \text{ кДж/кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт працездатності ВР за формулою (2.4)

$$e = \frac{2923}{3354} = 0,87.$$

Висновок: За результатами розрахунку коефіцієнта працездатності ВР Україніт-П-СА за ступенем реалізації хімічної реакції відносно еталонної ВР Амоніт №6 ЖВ було встановлено, що ідеальна швидкість детонації, тобто максимально можлива при заданій щільності ВР дорівнює 5897 м/с, ступінь реалізації швидкості детонації, тобто завершеність хімічної реакції – 86 %, а коефіцієнт працездатності – 0,87. Отримане значення коефіцієнта працездатності вказує на те, що ВР Україніт-П-СА є більш потужною ніж еталонна ВР Амоніт №6 ЖВ.

Питання для самоконтролю

1. Що таке фугасність ВР?
2. Що таке працездатність ВР?
3. Коротко охарактеризуйте експериментальні методи визначення працездатності ВР?
4. Наведіть послідовність розрахунку коефіцієнта працездатності ВР за ступенем реалізації хімічної реакції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА ПАСПОРТА БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ

Мета роботи: надбання навичок розрахунку та розробки паспорта буропідричних робіт для проведення горизонтальної гірничої виробки

В результаті виконання практичної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** знати та обґрунтовано обирати технології ведення підричних робіт залежно від гірничо-геологічних умов; знати елементи паспорта буропідричних робіт та вміти його складати.

3.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Паспорт буропідричних робіт (БПР) – це основний технічний документ (інструктивна карта), який регламентує порядок, параметри та заходи безпеки під час проведення підричних робіт у гірничій виробці. Він розробляється для кожної конкретної виробки (або групи однотипних виробок) і є обов'язковим до виконання всім персоналом, задіяним у процесі. Його головна мета – забезпечити ефективне руйнування гірської породи, надання виробці потрібної форми та розмірів, а також гарантувати безпеку людей.

Паспорт БПР оформлюється у вигляді графічного документа з пояснювальною запискою та таблицями. Основні компоненти, що містить паспорт БПР на проведення гірничої виробки:

- схема розташування шпурів: точне креслення вибою виробки з нанесеними точками буріння, їхньою глибиною та кутами нахилу;
- характеристика вибухових матеріалів: ВР та засоби ініціювання.
- параметри вибуху: кількість шпурів та їхнє призначення (врубіві, відбійні, контурні), маса заряду в кожному шпурі та загальна витрата ВР на цикл, послідовність (черговість) підривання шпурів;
- вимоги до забивки: матеріал та довжина забивки шпурів для запобігання передчасному виходу газів;
- заходи безпеки: розмір небезпечної зони, місця укриття персоналу, тривалість провітрювання після вибуху та порядок допуску людей до вибою.

Розрахункова схема визначення розмірів поперечного перерізу виробки прямокутно-склепінчастої та аркової форми у проходці, що набули поширення на рудних шахтах України, подано на рис. 3.1.

Радіуси осьової та бокових дуг для виробок прямокутно-склепінчастої форми визначаються за формулами

$$R = 0,692 \cdot B_{np}, \text{ м}; \quad (3.1)$$

$$r = 0,262 \cdot B_{np}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

де B_{np} – ширина виробки прямокутно-склепінчастої форми у проходці, м.

Площа поперечного перерізу виробки у проходці:

- для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$S_{np} = B_{np} \cdot \left(H_{np} - \frac{B_{np}}{3} + 0,26 \cdot B_{np} \right), \text{ м}^2; \quad (3.3)$$

– для виробок аркової форми

$$S_{np} = B_{np} \cdot (H_{np} - 0,5 \cdot B_{np}) + 0,125 \cdot \pi \cdot B_{np}^2, \text{ м}^2, \quad (3.4)$$

де H_{np} – висота виробки у проходці, м.

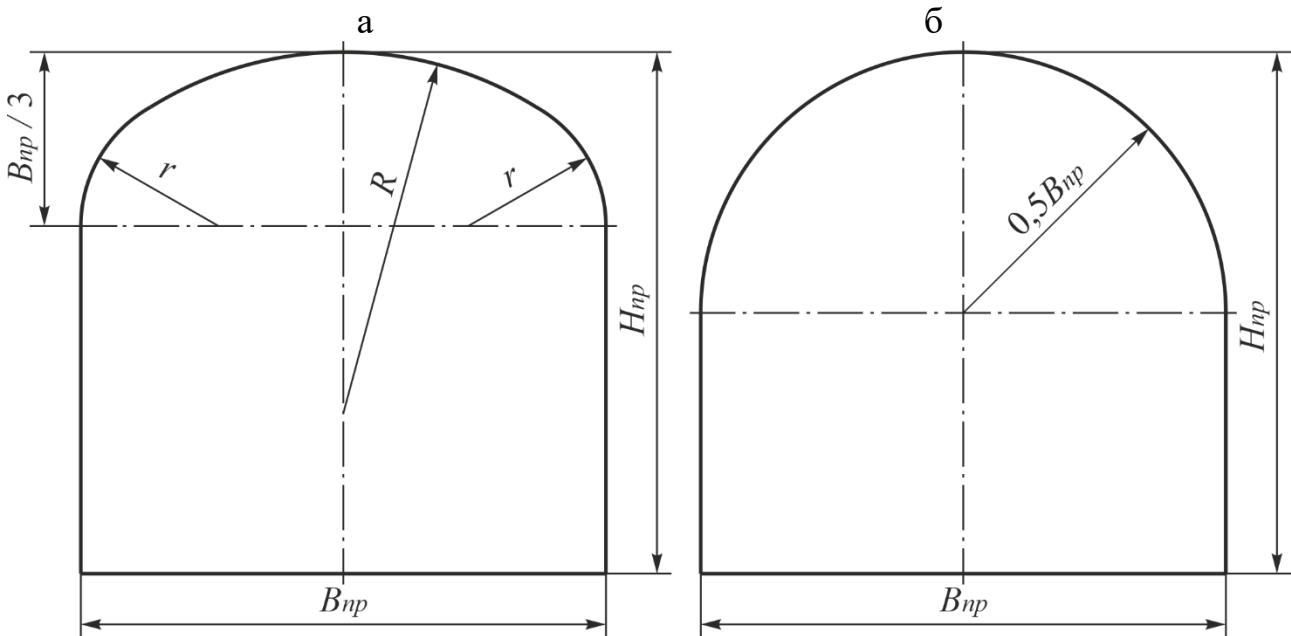


Рис. 3.1 – Розрахункова схема визначення розмірів поперечного перерізу виробки прямокутно-склепінчастої (а) та аркової (б) форми у проходці

Важливою умовою високої ефективності проведення гірничих виробок є правильний вибір комплекту шпурів, що забезпечить максимальний коефіцієнт їх використання та впливає на швидкість проведення виробки. Раціональні параметри БПР, такі, як тип врубу, схема розташування та кількість шпурів, тип ВР і величина заряду залежать від конкретних гірничо-геологічних умов. У сучасній практиці широкого використання набули вруби, які класифікуються за розташуванням врубових шпурів відносно площині вибою на похилі вруби (відривної дії) та прямі вруби (подрібнювальної дії). Сьогодні для утворення врубової порожнини використовуються прямі призматичні вруби з компенсаційними шпурами або без них. Ці вруби характеризуються високою працездатністю, універсальністю застосування, стабільними показниками та простотою орієнтації у просторі. Похилі вруби використовуються рідше, що пов'язано з обмеженою можливістю буріння похилих шпурів самохідними бурильними установками, оскільки їх глибина жорстко пов'язана з поперечними розмірами виробки.

Розрахунок параметрів БПР для проведення горизонтальних гірничих виробок виконується за методикою в основу якої покладено принцип розміщення груп шпурів за площами, які вони займають у вибої виробки та розташування їх за відбійними контурами.

Пробивну відстань між шпурами прямого врубу, розрахункова схема якого подана на рис. 3.2, пропонується визначати за радіусом зони зминання за формулою

$$R_{зм} = 0,5 \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{\rho \cdot D^2 \cdot K_{\partialз}}{2 \cdot \sigma_{см} \cdot K_{сн} \cdot K_c \cdot K_y}}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

де d – діаметр шпуру, що дорівнює 0,043 м; ρ – щільність ВР, кг/м³ (див. табл. 3.1); D – швидкість детонації ВР, м/с (див. табл. 3.1); $\sigma_{см}$ – межа міцності порід на стискання, Па; $K_{\partialз}$ – коефіцієнт, що враховує зміну тиску продуктів вибуху на стінки шпуру залежно від діаметру заряду ВР, при використанні наливної ЕВР або розсипної ВР дорівнює 1,0, а при застосуванні патрованої ВР розраховується за формулою

$$K_{\partialз} = \left(\frac{d_з}{d}\right)^3, \quad (3.6)$$

$d_з$ – діаметр заряду ВР, м; $K_{сн}$ – коефіцієнт структури породи, який залежить від властивостей масиву: для в'язких, пружних і пористих порід $K_{сн} = 2,0$, для дислокованих, з мінливим заляганням та дрібною тріщинуватістю $K_{сн} = 1,4$, для сланцевих, з мінливою міцністю та напластуванням, перпендикулярним напрямку зарядної порожнини $K_{сн} = 1,3$, для масивних, крихких $K_{сн} = 1,1$, для монолітних $K_{сн} = 1,0$, для дрібнопористих, нещільних $K_{сн} = 0,8$; K_c – коефіцієнт структурного ослаблення масиву гірських порід (див. табл. 3.3); K_y – емпіричний коефіцієнт ущільнення порід під дією гірського тиску

$$K_y = \frac{\gamma + 0,1 \cdot H}{\gamma}, \text{ ч.о.}, \quad (3.7)$$

γ – щільність породи або руди, кг/м³; H – глибина гірничих робіт, м.

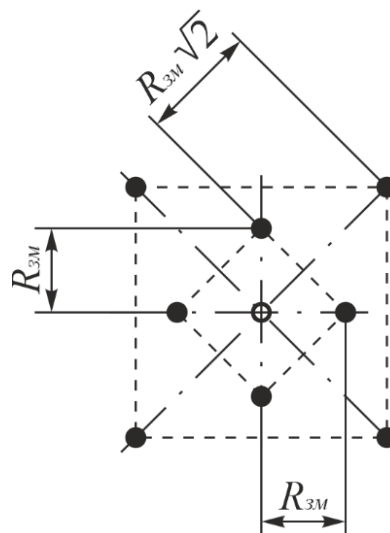


Рис. 3.2. Розрахункова схема розташування шпурів у врубі

Таблиця 3.1 – Характеристика ВР

ВР	Діаметр, патрону, мм	Вага, г	Довжина, мм	Щільність ВР, кг/м ³	Швидкість детонації, м/с	Коефіцієнт працездатності, <i>e</i>
Амоніт №6 ЖВ	32	200	200	1100	4100	1,0
Україніт-П-СА	32	200	210	1150	5100	0,87
Україніт-ПП-2	-	-	-	1250	4930	1,01

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт структурного ослаблення масиву гірських порід

Категорія порід за тріщинуватістю	Відстань між поверхнями, <i>l</i> , м	Коефіцієнт структурного ослаблення, <i>K_c</i>
Практично монолітні	> 1,0	0,9
Малотріщинуваті	0,5–1,0	0,8
Средньотріщинуваті	0,3–0,5	0,6
Тріщинуваті	0,1–0,3	0,4
Вельми тріщинуваті	< 0,1	0,2

Розрахункові питомі витрати ВР визначаються за найбільш універсальною формулою Покровського М.М.

$$q = 0,01 \cdot \sigma_{cm} \cdot K_{cn} \cdot k_{зам} \cdot e, \text{ кг/м}^3, \quad (3.8)$$

де σ_{cm} – межа міцності порід на стискання, МПа; e – коефіцієнт працездатності ВР, (див. табл. 3.1); $k_{зам}$ – коефіцієнт затиску породи

$$k_{зам} = 3 \cdot l_{ш} / \sqrt{S_{np}}. \quad (3.9)$$

Об'єм висадженої породи в масиві визначається за формулою

$$V = S_{np} \cdot l_{ш}, \text{ м}^3. \quad (3.10)$$

де $l_{ш}$ – глибина шпурів, м.

Розрахункова кількість ВР на вибій розраховується за формулою

$$Q = q \cdot V, \text{ кг}. \quad (3.11)$$

Розрахункова величина лінії найменшого опору (ЛНО) для шпуру визначається за формулою

$$W = R_{зм} \cdot \left(1 + \frac{\rho \cdot D^2 \cdot d \cdot K_{дз}}{8 \cdot R_{зм} \cdot \sigma_{cm} \cdot K_{cn} \cdot K_c \cdot K_y} \right)^{0,5}, \text{ м}. \quad (3.12)$$

Площа контурних шпурів

– для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$S_k = S_{np} - (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) \times \left((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) - \frac{(B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W)}{3} + 0,26 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) \right), \text{ м}^2; \quad (3.13)$$

– для виробок аркової форми

$$S_{\kappa} = S_{np} - (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) \left((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) - 0,5 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W) \right) - 0,125 \cdot \pi \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o - W)^2, \text{ м}^2, \quad (3.14)$$

де Δ_o – відстань від контуру виробки до лінії контурних шпурів, що дорівнює величині радіусу зони зминання $R_{зм}$, за даними практичного досвіду ця відстань змінюється у межах 0,15–0,25 м.

Площа вибою для відбійних шпурів визначається за наступним виразом

$$S_{від} = S_{np} - (S_{вп} + S_{\kappa}), \text{ м}^2. \quad (3.15)$$

Розрахункова кількість відбійних шпурів розраховується за виразом

$$N_{п.в} = \frac{1,27 \cdot q \cdot S_{від}}{\rho \cdot d_3^2 \cdot k_3}, \text{ шт.}, \quad (3.16)$$

де k_3 – коефіцієнт заповнення шпуру ВР, який змінюється у межах 0,30–0,85, або пропонується розраховувати за емпіричною залежністю

$$k_3 = 0,225 \cdot \sigma_{см}^{0,25}, \quad (3.17)$$

де $\sigma_{см}$ – межа міцності порід на стискання, МПа.

Площа вибою, яка приходиться на один відбійний шпур визначається за формулою

$$S_{в.ш} = S_{від} / N_{п.в}, \text{ м}^2. \quad (3.18)$$

Скорегована розрахункова ЛНО відбійного шпуру розраховується за виразом

$$W_{ср.в} = \sqrt{S_{в.ш}}, \text{ м}. \quad (3.19)$$

Розрахункова відстань між відбійними шпурами в ряду відповідає виразу

$$a_{п.в} = m \cdot W_{ср.в}, \text{ м}, \quad (3.20)$$

де m – коефіцієнт зближення зарядів для відбійних шпурів, який змінюється у межах 1,0–1,3.

Кількість рядів відбійних шпурів

– за шириною виробки

$$n_{з.п.в} = \frac{0,5 \cdot B_{np} - \Delta_o - 0,5 \cdot b_{вп}}{W_{ср.в}} - 1, \text{ м}; \quad (3.21)$$

– за висотою виробки

$$n_{в.п.в} = \frac{0,5 \cdot H_{np} - \Delta_o - 0,5 \cdot h_{вп}}{W_{ср.в}} - 1, \text{ м}, \quad (3.22)$$

Фактична відстань між рядами відбійних шпурів

– за шириною виробки

$$W_{з.ф} = \frac{0,5 \cdot B_{np} - \Delta_o - 0,5 \cdot b_{вп}}{n_{з.п.в} + 1}, \text{ м}; \quad (3.23)$$

– за висотою виробки

$$W_{в.ф} = \frac{0,5 \cdot H_{np} - \Delta_o - 0,5 \cdot h_{ep}}{n_{в.р.в} + 1}, \text{ м.} \quad (3.24)$$

Оптимальні контури розташування рядів відбійних шпурів – це ряди, які повторюють форму поперечного перерізу виробки.

Кількість відбійних шпурів у i -му контурі з боків і покрівлі – для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$n_{\delta n.в(i)} = \frac{2 \cdot \left(h_i - \frac{b_i}{3} \right) + 1,33 \cdot b_i}{a_{р.в}} - 1, \text{ шт.}; \quad (3.25)$$

– для виробок аркової форми

$$n_{\delta n.в(i)} = \frac{2 \cdot (h_i - 0,5 \cdot b_i) + 0,5 \cdot \pi \cdot b_i}{a_{р.в}} - 1, \text{ шт.}, \quad (3.26)$$

де b_i – ширина i -го контуру відбійних шпурів, м; h_i – висота i -го контуру відбійних шпурів, м.

Фактична відстань між відбійними шпурами у i -му контурі з боків і у покрівлі

– для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$a_{\phi. \delta n.в(i)} = \frac{2 \cdot \left(h_i - \frac{b_i}{3} \right) + 1,33 \cdot b_i}{n_{\delta n.в(i)} + 1}, \text{ шт.}; \quad (3.27)$$

– для виробок аркової форми

$$a_{\phi. \delta n.в(i)} = \frac{2 \cdot (h_i - 0,5 \cdot b_i) + 0,5 \cdot \pi \cdot b_i}{n_{\delta n.в(i)} + 1}, \text{ шт.} \quad (3.28)$$

Кількість відбійних шпурів у i -му контурі підосви

$$n_{n.в(i)} = \left(b_i / a_{р.в} \right) + 1, \text{ шт.} \quad (3.29)$$

Фактична відстань між відбійними шпурами у i -му контуру підосви

$$a_{\phi.n.в(i)} = \frac{b_i}{n_{n.в(i)} - 1}, \text{ шт.} \quad (3.30)$$

Кількість відбійних шпурів у i -му контурі становить

$$N_{в(i)} = n_{\delta n.в(i)} + n_{n.в(i)}, \text{ шт.} \quad (3.31)$$

Загальна кількість відбійних шпурів складе

$$N_{в\delta} = \sum_{i=1}^n N_{в(i)}, \text{ шт.} \quad (3.32)$$

Розрахункова відстань між контурними шпурами

$$a_{р.к} = m \cdot W_{ср.в}, \text{ м}, \quad (3.33)$$

де m – коефіцієнт зближення зарядів для контурних шпурів, який змінюється у межах 0,75–0,95, де менше значення приймають для контурних шпурів підосви.

Кількість контурних шпурів з боків та покрівлі

– для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$N_{\delta n.к} = \frac{2 \cdot \left((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o) - \frac{B_{np} - 2 \cdot \Delta_o}{3} \right) + 1,33 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)}{a_{p.к}} - 1, \text{ шт.}; \quad (3.34)$$

– для виробок аркової форми

$$N_{\delta n.к} = \frac{2 \cdot ((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o) - 0,5 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)) + 0,5 \cdot \pi \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)}{a_{p.к}} - 1, \text{ шт.} \quad (3.35)$$

Фактична відстань між контурними шпурами з боків і покрівлі

– для виробок прямокутно-склепінчастої форми

$$a_{\phi. \delta n.к} = \frac{2 \cdot \left((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o) - \frac{B_{np} - 2 \cdot \Delta_o}{3} \right) + 1,33 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)}{N_{\delta n.к} + 1}, \text{ шт.}; \quad (3.36)$$

– для виробок аркової форми

$$a_{\phi. \delta n.к} = \frac{2 \cdot ((H_{np} - 2 \cdot \Delta_o) - 0,5 \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)) + 0,5 \cdot \pi \cdot (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o)}{N_{\delta n.к} + 1}, \text{ шт.} \quad (3.37)$$

Кількість контурних шпурів у підозви

$$N_{n.к} = \left((B_{np} - 2 \cdot \Delta_o) / a_{p.к} \right) + 1, \text{ шт.} \quad (3.38)$$

Фактична відстань між контурними шпурами підозви

$$a_{\phi. n.к} = (B_{np} - 2 \cdot \Delta_o) / (N_{n.к} - 1), \text{ шт.} \quad (3.39)$$

Врубів, відбійні та контурні шпури у вибої виробки розташовують згідно з розрахунковою схемою, що подано на рис. 3.3.

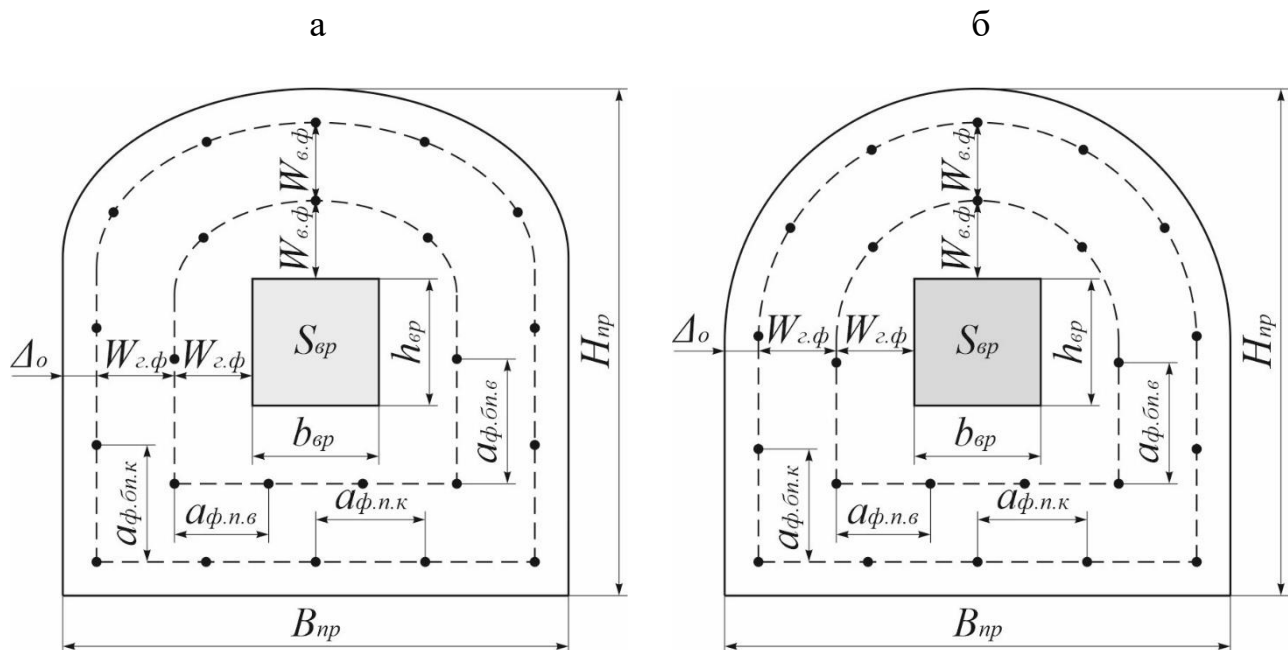


Рис. 3.3. Розрахункова схема розташування шпурів у вибої виробки прямокутно-склепінчастої (а) і аркової (б) форми

Загальна кількість шпурів у вибої виробки, що заряджаються, розраховується за формулою

$$N = N_{вр} + N_{від} + N_{бн.к} + N_{н.к}, \text{ шт.}, \quad (3.40)$$

де $N_{вр}$ – кількість врубових шпурів, що заряджаються, шт.

У процесі уточнення паспорту БПР допускається збільшення загальної кількості шпурів у вибої але лише на 10%, а у виробках перерізом до 5 м² не більше ніж на 4 шпури. Середня величина заряду на один шпур складе

$$Q_{ш} = \frac{Q}{N}, \text{ кг.} \quad (3.41)$$

Величина заряду у шпурі за його призначенням визначається за виразом

$$Q_z = K_n \cdot Q_{ш}, \text{ кг}, \quad (3.42)$$

де K_n – коефіцієнт, що враховує збільшення або зменшення заряду ВР у шпурі залежно від його призначення: для врубового шпуру $K_n = 1,1-1,2$, для відбійного шпуру – $K_n = 1,0$, для контурного шпуру з боків та покрівлі $K_n = 0,9-1,0$, для контурного шпуру підосви $K_n = 1,0-1,2$.

Фактичні витрати ВР на вибій розраховується за формулою

$$Q_{\phi} = N_{вр} \cdot Q_{вр} + N_{від} \cdot Q_{від} + N_{бн.к} \cdot Q_{бн.к} + N_{н.к} \cdot Q_{н.к}, \text{ кг}, \quad (3.43)$$

де $Q_{вр}$ – величина заряду ВР у врубовому шпурі, кг; $Q_{від}$ – величина заряду ВР у відбійному шпурі, кг; $Q_{бн.к}$ – величина заряду ВР у контурному шпурі з боків та покрівлі, кг; $Q_{н.к}$ – величина заряду ВР у контурному шпурі підосви, кг.

Довжина заряду розсипної ВР або наливної ЕВР у шпурі без урахування патрону-бойовика розраховується за формулою

$$l_z = \frac{Q_z}{0,785 \cdot d^2 \cdot \rho}, \text{ м.} \quad (3.44)$$

Фактичні питомі втрати ВР визначаються за формулою

$$q_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{V_{\phi}} = \frac{Q_{\phi}}{S_{пр} \cdot l_{ш} \cdot \eta}, \text{ кг/м}^3. \quad (3.45)$$

За розрахунками параметрів БПР будується схема розташування шпурів у вибої виробки та складається таблиця комплекту шпурів і черговості їх висадження.

3.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання 1. За вихідними даними, що подано у табл. 3.3, розрахувати та розробити паспорт БПР для проведення горизонтальної гірничої виробки.

Завдання 2. Надати письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, розрахунки, висновки, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку та розробки паспорта БПР для проведення горизонтальної гірничої виробки

№ варіанта	Форма поперечного перерізу виробки	Ширина виробки у проходці, $B_{пр}$, м	Висота виробки у проходці, $H_{пр}$, м	Межа міцності порід на стискання, $\sigma_{ст}$, МПа	Коефіцієнт структури породи, $K_{ст}$	Коефіцієнт структурного ослаблення масиву, K_c	Щільність порід, γ , кг/м ³	Глибина гірничих робіт, H , м	ВР	Довжина шпурів, $l_{ш}$, м
0	ПС	4,0	3,65	80	1,4	0,6	4000	910	Україніт-ПП-2	2,7
1	ПС	3,4	3,4	80	1,4	0,8	2600	600	Україніт-П-СА	2,5
2	А	3,5	3,5	100	1,3	0,8	2800	700	Амоніт №6 ЖВ	2,6
3	ПС	3,6	3,6	120	1,1	0,6	3000	800	Україніт-ПП-2	2,7
4	А	3,7	3,7	140	1,0	0,8	3400	900	Україніт-П-СА	2,8
5	ПС	3,8	3,8	160	0,8	0,6	3600	1000	Амоніт №6 ЖВ	2,9
6	А	3,4	3,4	80	1,4	0,8	2600	600	Україніт-ПП-2	2,5
7	ПС	3,5	3,5	100	1,3	0,8	2800	700	Україніт-П-СА	2,6
8	А	3,6	3,6	120	1,1	0,6	3000	800	Амоніт №6 ЖВ	2,7
9	ПС	3,7	3,7	140	1,0	0,8	3400	900	Україніт-ПП-2	2,8
10	А	3,8	3,8	160	0,8	0,6	3600	1000	Україніт-П-СА	2,9
11	ПС	3,4	3,4	80	1,4	0,8	2600	600	Амоніт №6 ЖВ	2,5
12	А	3,5	3,5	100	1,3	0,8	2800	700	Україніт-ПП-2	2,6
13	ПС	3,6	3,6	120	1,1	0,6	3000	800	Україніт-П-СА	2,7
14	А	3,7	3,7	140	1,0	0,8	3400	900	Амоніт №6 ЖВ	2,8
15	ПС	3,8	3,8	160	0,8	0,6	3600	1000	Україніт-ПП-2	2,9
16	А	3,4	3,4	80	1,4	0,8	2600	600	Україніт-П-СА	2,5
17	ПС	3,5	3,5	100	1,3	0,8	2800	700	Амоніт №6 ЖВ	2,6
18	А	3,6	3,6	120	1,1	0,6	3000	800	Україніт-ПП-2	2,7
19	ПС	3,7	3,7	140	1,0	0,8	3400	900	Україніт-П-СА	2,8
20	А	3,8	3,8	160	0,8	0,6	3600	1000	Амоніт №6 ЖВ	2,9

Примітка: ПС – прямокутно-склепінчаста форма поперечного перерізу гірничої виробки; А – аркова форма поперечного перерізу гірничої виробки.

3.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо та розробимо паспорт БПР для проведення горизонтальної гірничої виробки за варіантом №0.

Визначаємо радіуси осьової та бокових дуг для виробок прямокутно-склепінчастої форми визначаються за формулами (3.1) і (3.2)

$$R = 0,692 \cdot 4 = 2,768 \text{ м};$$

$$r = 0,262 \cdot 4 = 1,048 \text{ м}.$$

Визначаємо площу поперечного перерізу виробки прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.3)

$$S_{np} = 4 \cdot \left(3,65 - \frac{4}{3} + 0,26 \cdot 4 \right) = 13,5 \text{ м}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт ущільнення порід під дією гірського тиску за формулою (3.7)

$$K_y = \frac{4000 + 0,1 \cdot 910}{4000} = 1,023.$$

Визначаємо радіус зони змінання за формулою (3.5)

$$R_{zm} = 0,5 \cdot 0,043 \cdot \sqrt{1 + \frac{1250 \cdot 4930^2 \cdot 1}{2 \cdot 80000000 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \cdot 1,023}} = 0,3 \text{ м}.$$

Розташування шпурів у врубі подано на рис. 3.4.

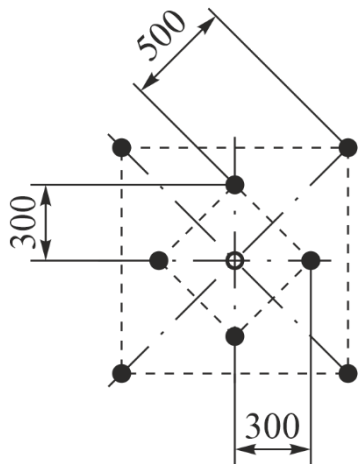


Рис. 3.4. Розташування шпурів у врубі

Визначаємо коефіцієнт затиску породи за формулою (3.9)

$$k_{zат} = \frac{3 \cdot 2,7}{13,5} = 2,2.$$

Визначаємо розрахункові питомі витрати ВР за формулою (3.8)

$$q = 0,01 \cdot 80 \cdot 1,4 \cdot 2,2 \cdot 1,01 = 2,5 \text{ кг/м}^3.$$

Визначаємо об'єм висадженої породи в масиві за формулою (3.10)

$$V = 13,5 \cdot 2,7 = 36,5 \text{ м}^3.$$

Визначаємо розрахункову кількість ВР на вибій за формулою (3.11)

$$Q = 2,5 \cdot 36,5 = 91,3 \text{ кг}.$$

Визначаємо розрахункову величину ЛНО для шпуру за формулою (3.12)

$$W = 0,3 \cdot \left(1 + \frac{1250 \cdot 4930^2 \cdot 0,043 \cdot 1}{8 \cdot 0,3 \cdot 80000000 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \cdot 1,023} \right)^{0,5} = 0,9 \text{ м.}$$

Визначаємо площу контурних шпурів для виробок прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.13)

$$S_k = 13,5 - (4 - 2 \cdot 0,15 - 0,9) \times \left((3,65 - 2 \cdot 0,15 - 0,9) - \frac{(4 - 2 \cdot 0,15 - 0,9)}{3} + 0,26 \cdot (4 - 2 \cdot 0,15 - 0,9) \right) = 7,2 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу вибою для відбійних шпурів за формулою (3.15)

$$S_{vid} = 13,5 - (1 + 7,2) = 5,3 \text{ м}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт заповнення шпуру ВР за формулою (3.17)

$$k_z = 0,225 \cdot 80^{0,25} = 0,7.$$

Визначаємо розрахункову кількість відбійних шпурів за формулою (3.16)

$$N_{p.v} = \frac{1,27 \cdot 2,5 \cdot 5,3}{1250 \cdot 0,043^2 \cdot 0,7} = 10,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість відбійних шпурів $N_{p.v} = 10$ шт.

Визначаємо площу вибою, яка приходить на один відбійний шпур за формулою (3.18)

$$S_{v.ш} = \frac{5,3}{10} = 0,53 \text{ м}^2.$$

Визначаємо скореговану розрахункову ЛНО відбійного шпуру за формулою (3.19)

$$W_{cp.v} = \sqrt{0,53} = 0,73 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахункову відстань між відбійними шпурами в ряду за формулою (3.20)

$$a_{p.v} = 1 \cdot 0,73 = 0,73 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість рядів відбійних шпурів за шириною виробки за формулою (3.21)

$$n_{z.p.v} = \frac{0,5 \cdot 4 - 0,15 - 0,5 \cdot 1}{0,73} - 1 = 0,85 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 ряд відбійних шпурів за шириною виробки.

Визначаємо кількість рядів відбійних шпурів за висотою виробки за формулою (3.22)

$$n_{v.p.v} = \frac{0,5 \cdot 3,65 - 0,15 - 0,5 \cdot 1}{0,73} - 1 = 0,61 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 ряд відбійних шпурів за висотою виробки.

Визначаємо фактичну відстань між рядами відбійних шпурів за шириною виробки за формулою (3.23)

$$W_{z.\phi} = \frac{0,5 \cdot 4 - 0,15 - 0,5 \cdot 1}{1 + 1} = 0,675 \text{ м.}$$

Визначаємо фактичну відстань між рядами відбійних шпурів за висотою виробки за формулою (3.24)

$$W_{в.ф} = \frac{0,5 \cdot 3,65 - 0,15 - 0,5 \cdot 1}{1 + 1} = 0,588 \text{ м.}$$

Графічно визначаємо, що ширина контуру відбійних шпурів дорівнює $b_1 = 2,35$ м, а висота $h_1 = 2,175$ м.

Визначаємо кількість відбійних шпурів у i -му контурі з боків і покрівлі для виробок прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.25),

$$n_{бн.в(1)} = \frac{2 \cdot \left(2,175 - \frac{2,35}{3} \right) + 1,33 \cdot 2,35}{0,73} - 1 = 7,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість відбійних шпурів у контурі з боків і покрівлі 7 шт.

Визначаємо фактичну відстань між відбійними шпурами у i -му контурі з боків і покрівлі для виробок прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.27)

$$a_{ф.бн.в(1)} = \frac{2 \cdot \left(2,175 - \frac{2,35}{3} \right) + 1,33 \cdot 2,35}{7 + 1} = 0,74 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість відбійних шпурів у i -му контурі підосви за формулою (3.29)

$$n_{н.в(1)} = (2,35 / 0,73) + 1 = 4,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість відбійних шпурів у контурі підосви $n_{н.в(1)} = 4$ шт.

Визначаємо фактичну відстань між відбійними шпурами у i -му контурі підосви за формулою (3.30)

$$a_{ф.н.в(1)} = 2,35 / (4 - 1) = 0,78 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість відбійних шпурів у i -му контурі за формулою (3.31)

$$N_{в(1)} = 7 + 4 = 11 \text{ шт.}$$

Визначаємо розрахункову відстань між контурними шпурами за формулою (3.33)

$$a_{р.к} = 0,95 \cdot 0,73 = 0,7 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість контурних шпурів з боків та покрівлі для виробок прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.34)

$$N_{бн.к} = \frac{2 \cdot \left((3,65 - 2 \cdot 0,15) - \frac{4 - 2 \cdot 0,15}{3} \right) + 1,33 \cdot (4 - 2 \cdot 0,15)}{0,7} - 1 = 12,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість контурних шпурів з боків та покрівлі 12 шт.

Визначаємо фактичну відстань між контурними шпурами з боків і покрівлі для виробок прямокутно-склепінчастої форми за формулою (3.36)

$$a_{ф.бн.к} = \frac{2 \cdot \left((3,65 - 2 \cdot 0,15) - \frac{4 - 2 \cdot 0,15}{3} \right) + 1,33 \cdot (4 - 2 \cdot 0,15)}{12 + 1} = 0,7 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість контурних шпурів у підосви за формулою (3.38)

$$N_{n.k} = \frac{4 - 2 \cdot 0,15}{0,7} + 1 = 6,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість контурних шпурів у підозви 6 шт.

Визначаємо фактичну відстань між контурними шпурами підозви за формулою (3.39)

$$a_{ф.н.к} = (4 - 2 \cdot 0,15) / (6 - 1) = 0,74 \text{ м.}$$

Визначаємо загальну кількість шпурів у вибої виробки, що заряджаються, за формулою (3.40)

$$N = 8 + 11 + 12 + 6 = 37 \text{ шт.}$$

Визначаємо середню величину заряду на один шпур за формулою (3.41)

$$Q_{ш} = 91,3 / 37 = 2,4 \text{ кг.}$$

Визначаємо величину заряду у шпурі за його призначенням за формулою (3.42)

– у врубовому шпурі

$$Q_{вр} = 1,1 \cdot 2,4 = 2,6 \text{ кг;}$$

– у відбійному шпурі

$$Q_{від} = 1,0 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ кг;}$$

– у контурному шпурі з боків та покрівлі

$$Q_{он.к} = 0,9 \cdot 2,4 = 2,2 \text{ кг;}$$

– у контурному шпурі підозви

$$Q_{н.к} = 1,0 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ кг.}$$

Визначаємо фактичні витрати ВР на вибій за формулою (3.43)

$$Q_{ф} = 8 \cdot 2,6 + 11 \cdot 2,4 + 12 \cdot 2,2 + 6 \cdot 2,4 = 88 \text{ кг.}$$

За розрахунками параметрів БПР будуємо схему розташування шпурів у вибої виробки, що подано на рис. 3.5. Таблицю комплекту шпурів та черговості їх висадження при подано в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Таблиця комплекту шпурів та черговості їх висадження

№ групи шпурів та черговість висадження	Найменування шпурів	Кількість шпурів, шт.	Глибина шпурів, м	№ шпуру у групі	Величина заряду, кг			
					у шпурі		у групі	
					Україніт-П-СА	Україніт-ПП-2	Україніт-П-СА	Україніт-ПП-2
1	Врубіві	2	2,9	1, 2	0,2	2,4	0,4	4,8
2	Врубіві	2	2,9	3, 4	0,2	2,4	0,4	4,8
3	Врубіві	2	2,9	5, 6	0,2	2,4	0,4	4,8
4	Врубіві	2	2,9	7, 8	0,2	2,4	0,4	4,8
5	Відбійні	11	2,7	9–19	0,2	2,2	2,2	24,2
6	Контурні	12	2,7	20–31	0,2	2,0	2,4	24,0
7	Підозва	6	2,7	32–37	0,2	2,2	1,2	13,2
	Всього:	37					7,4	80,6

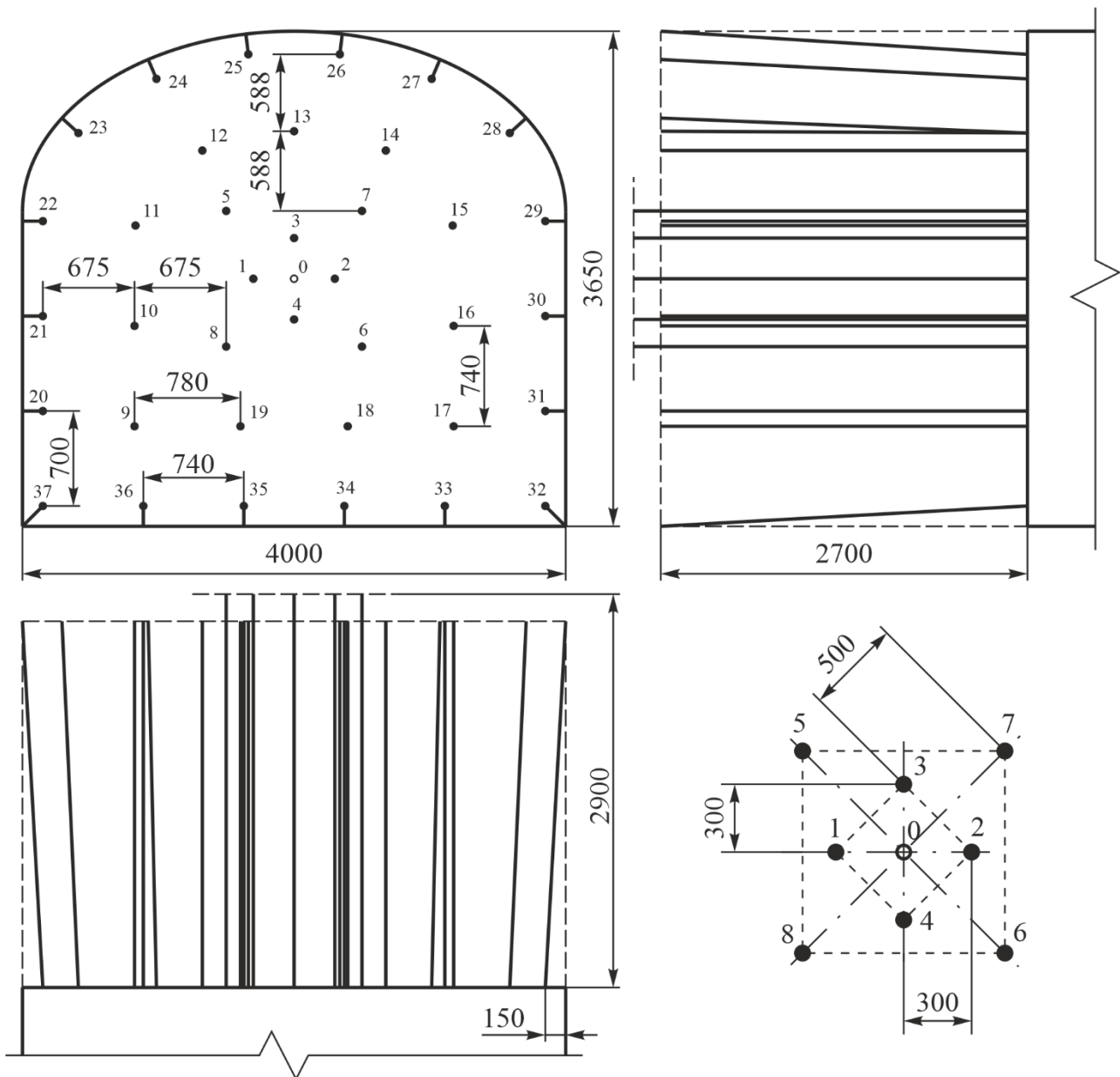


Рис. 3.5. Розташування шпурів у вибою виробки та конструкція врубів

Визначаємо довжину заряду наливної ЕВР Україніт-ПП-2 у шпурі без урахування патрону-бойовика за формулою (3.44)

– у врубівому шпурі

$$l_3 = 2,4 / (0,785 \cdot 0,043^2 \cdot 1250) = 1,33 \text{ м};$$

– у відбійному шпурі

$$l_3 = 2,2 / (0,785 \cdot 0,043^2 \cdot 1250) = 1,21 \text{ м};$$

– у контурному шпурі з боків та покрівлі

$$l_3 = 2,0 / (0,785 \cdot 0,043^2 \cdot 1250) = 1,1 \text{ м};$$

– у контурному шпурі підшви

$$l_3 = 2,2 / (0,785 \cdot 0,043^2 \cdot 1250) = 1,21 \text{ м}.$$

Визначаємо фактичні питомі втрати ВР за формулою (3.45)

– патронованої ЕВР Україніт-П-СА

$$q_{\phi} = \frac{7,4}{13,5 \cdot 2,7 \cdot 0,95} = 0,21 \text{ кг/м}^3;$$

– наливної ЕВР Україніт-ПП-2

$$q_{\phi} = \frac{80,6}{13,5 \cdot 2,7 \cdot 0,95} = 2,33 \text{ кг/м}^3.$$

Висновок: За результатами розрахунку та складання паспорту БПР отримано, що для проведення горизонтальної гірничої виробки прямокутно-склепінчастої форми, яка має площу поперечного перерізу $13,5 \text{ м}^2$ у породах з межею міцності на стискання 80 МПа необхідно 37 шпурів. Загальні витрати ВР становлять: патронованої ЕВР Україніт-П-СА – $7,4 \text{ кг}$, а наливної ЕВР Україніт-ПП-2 – $80,6 \text{ кг}$. Фактичні питомі втрати ВР становлять: патронованої ЕВР Україніт-П-СА – $0,21 \text{ кг/м}^3$, а наливної ЕВР Україніт-ПП-2 – $2,33 \text{ кг/м}^3$.

Питання для самоконтролю

1. Що називають паспортом БПР?
2. Наведіть основні компоненти паспорта БПР?
3. Як розраховується пробивна відстань між шпурами прямого врубу?
4. Приведіть, що впливає на величину розрахункової ЛНО шпуру?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ ДЛЯ ВІДБИВАННЯ ЗАПАСІВ РУДИ КАМЕРИ

Мета роботи: надбання навичок розрахунку параметрів буропідричних робіт для відбивання запасів руди камери.

В результаті виконання практичної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** знати та обґрунтовано обирати технології ведення підричних робіт залежно від гірничо-геологічних умов.

4.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

При підземній розробці рудних родовищ відбивання руди свердловинами отримало широке застосування у процесі розробки потужних родовищ з не сильно тріщинуватою і не сильно шаруватою рудою, яка має межу міцності на стискання $30\text{--}200 \text{ МПа}$.

Залежно від кондиційного розміру куска руди діаметр свердловини визначається за формулою

$$d = 0,157 \cdot R^{1,32}, \text{ м}, \quad (4.1)$$

де R – кондиційний розмір куска руди, визначається як найменший з розрахункових розмірів, м:

$$R = D_{\text{вип.отв.}} / (3\text{--}5), \text{ м},$$

де $D_{\text{вип.отв.}}$ – діаметр випускного отвору (дучка, рудоспуск), що дорівнює $1,2\text{--}2,0 \text{ м}$.

Діаметр свердловини приймають згідно таких типорозмірів: 0,085 м, 0,089 м, 0,102 м, 0,105 м та 0,11 м.

Інтегральний показник вибуховості визначається за формулою

$$C_o = 20 + 56 \cdot \exp(-0,2 \cdot f), \quad (4.2)$$

де f – коефіцієнт міцності руди (див. табл. 4.1).

Розрахункове значення ЛНО без урахування напружено-деформованого стану масиву визначається за формулою проф. Ю.П. Капленка

$$W = K_n \cdot C_o \cdot d \cdot \sqrt{\rho} \cdot e^{-1}, \text{ м}, \quad (4.3)$$

де K_n – коефіцієнт, який враховує неоднорідність масиву гірських порід, що дорівнює 0,9–1,0; d – діаметр свердловини, м; ρ – щільність заряджання ВР, т/м³; e – коефіцієнт працездатності ВР відносно Амоніту № 6 ЖВ.

Розрахункове значення коефіцієнту зближення зарядів визначається за формулою

$$m = 0,019 \cdot C_o + 0,403, \text{ ч.о.} \quad (4.4)$$

Відстань між вибоями свердловин визначається за формулою

$$a = m \cdot W, \text{ м}. \quad (4.5)$$

Кількість свердловин на шар, загальна їх довжина, довжина зарядженої частини свердловин встановлюється за допомогою масштабного креслення, згідно розрахункової схеми що подано на рис. 4.1.

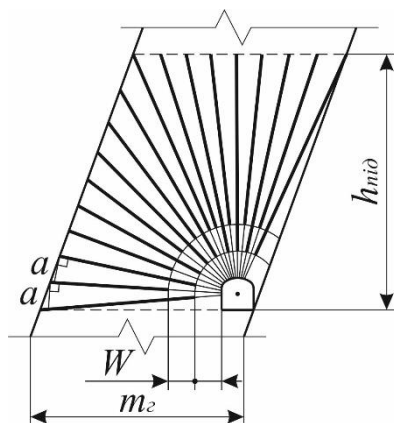


Рис. 4.1. Розрахункова схема побудови віяла свердловин при відбиванні руди на вертикальний компенсаційний простір

Побудову віяла свердловин починають з креслення меж шару, що відбивається. При побудові віяла враховують такі умови:

- кути шару, що відбивається повинні опрацьовуватися кожен своєю свердловиною;
- побудову віяла починають з обрамлюючих свердловин;
- відстань між вибоями свердловин відкладають за перпендикуляром, опущеному з кінця коротшої свердловини на сусідню, більш довшу;
- всі свердловини віяла будують з геометричного центру бурової виробки.

З першої і останньої свердловини за перпендикуляром відкладають відстань a . З точки перетину межі розташування свердловин і кінця відрізка відстані a проводять свердловину до центру бурової виробки. Устя свердловин

розташовані за контуром виробки. Аналогічно будують інші свердловини до суміжного кута межі розташування свердловин щодо бурової виробки. Межу шару при досить міцній і стійкій руді може бути збільшена на відстань $a/2$, а при м'якій нестійкій руді або відбиваний шар межує із закладкою, межа шару може бути зменшена на відстань $a/2$. Відстань між двома свердловинами в суміжному куті може дорівнювати $0,5W-1,7W$. Коли виконано побудову сітки свердловин, то у віялі виконують побудову довжини заряду.

Графічно визначають довжину свердловин і довжину заряду на шар. Отримані дані зводять за зразком в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика віяла свердловин

№ свердловини	$L_{св.}$, м	$L_{зар.}$, м
1		
2		
3		
...		
Σ		

Після побудови віяла свердловин у шарі, визначають кількість віял свердловин для відбивання запасів руди камери згідно розрахункової схеми поданої на рис. 4.2.

Сумарна довжина свердловин для відбивання руди в камері визначається за формулою

$$L_{сум} = N_в \cdot \Sigma L_{св}, \text{ м}, \quad (4.6)$$

де $N_в$ – кількість віял свердловин у камері, шт.; $\Sigma L_{св}$ – сумарна довжина свердловин у віялі, шт.

Кількість ВР для висаджування запасів руди камери розраховується за формулою

$$Q_{ВР} = N_в \cdot \Sigma L_{зар} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (4.7)$$

де $\Sigma L_{зар}$ – сумарна довжина заряду у віялі, м; ρ – щільність зарядження, кг/м^3 .

Промисловий запас руди камери, що відбивається, розраховується за формулою

$$A_{пром} = n_{нід} \cdot \gamma_p \cdot (m_z \cdot h_{нід} \cdot L_k - B_{вщ} \cdot m_z \cdot h_{нід} - S_{\delta} \cdot (L_k - B_{вщ})), \text{ т}, \quad (4.8)$$

де $n_{нід}$ – кількість підповерхів, що дорівнює 3 шт.; γ_p – щільність руди, що дорівнює $3,6 \text{ т/м}^3$; m_z – горизонтальна потужність покладу, м, (див. табл. 4.2); $h_{нід}$ – висота підповерху, м, (див. табл. 4.2); L_k – довжина камери, що дорівнює 60 м; $B_{вщ}$ – ширина відрізної щілини, що дорівнює 6 м; S_{δ} – площа поперечного перерізу бурової виробки, м^2 , (див. табл. 4.2).

Вихід руди з 1 м свердловини визначається за формулою

$$\lambda = \frac{A_{пром}}{L_{сум}}, \text{ т/м}. \quad (4.9)$$

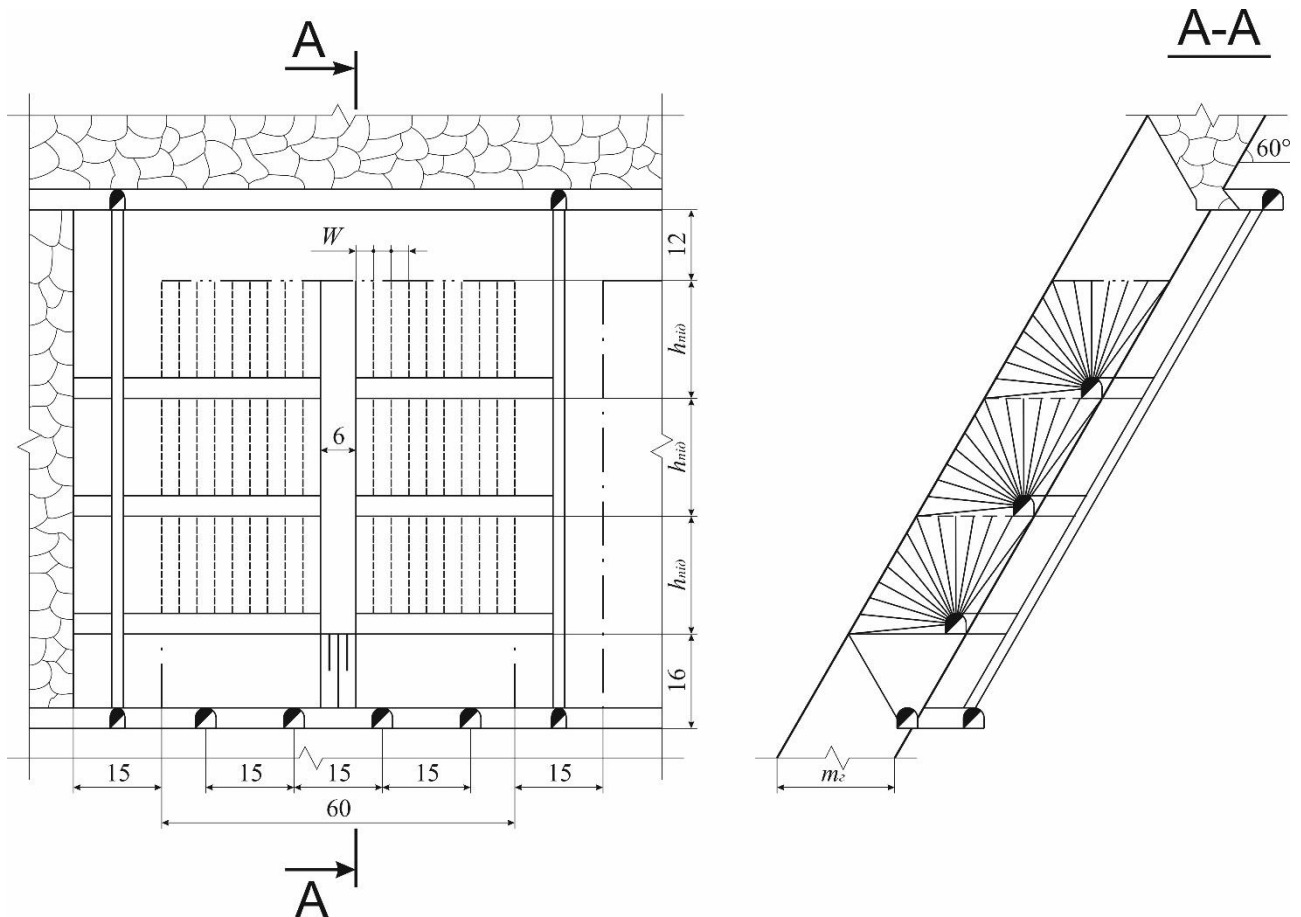


Рис. 4.2. Розрахункова схема для визначення кількості віял у камері при підповерхово-камерній системі розробки

Питомі витрата ВР розраховуються за формулою

$$q = \frac{Q_{BP}}{A_{пром}}, \text{ кг/т.} \quad (4.10)$$

4.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання 1. За вихідними даними, що подано у табл. 4.2, розрахувати параметри буропідривних робіт для відбивання запасів руди камери.

Завдання 2. Надати письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, розрахунки, висновки, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку параметрів буропідричних робіт для відбивання запасів руди камери

№ варіанту	Висота підповерху, $h_{під}$, м	Горизонтальна потужність покладу, m_e , м	Розміри бурової виробки, $Ш \times B$, м	Площа поперечного перерізу бурової виробки, S_b , м ²	Коефіцієнт міцності руди, f	ВР	Щільність заряджання ВР, ρ ,	Коефіцієнт працездатності ВР, e
0	20	20	3,5×3,5	11,4	10	Україніт-ПП-2	1,0	0,93
1	21	15	3,0×3,0	8,4	6	Грамоніт 79/21	1,0	1,0
2	22	17	3,1×3,1	8,9	7	Грамоніт А	1,0	1,15
3	23	20	3,2×3,2	9,5	8	Грануліт АС-8	1,0	1,07
4	24	22	3,3×3,3	10,1	9	Грануліт АС-4	1,0	1,22
5	25	25	3,4×3,4	10,8	10	Україніт-ПП-2	1,0	0,93
6	20	15	3,5×3,5	11,4	11	Грамоніт 79/21	1,0	1,0
7	21	17	3,6×3,6	12,1	12	Грамоніт А	1,0	1,15
8	22	20	3,0×3,0	8,4	6	Грануліт АС-8	1,0	1,07
9	23	22	3,1×3,1	8,9	7	Грануліт АС-4	1,0	1,22
10	24	25	3,2×3,2	9,5	8	Україніт-ПП-2	1,0	0,93
11	25	15	3,3×3,3	10,1	9	Грамоніт 79/21	1,0	1,0
12	20	17	3,4×3,4	10,8	10	Грамоніт А	1,0	1,15
13	21	20	3,5×3,5	11,4	11	Грануліт АС-8	1,0	1,07
14	22	22	3,6×3,6	12,1	12	Грануліт АС-4	1,0	1,22
15	23	25	3,0×3,0	8,4	6	Україніт-ПП-2	1,0	0,93
16	24	15	3,1×3,1	8,9	7	Грамоніт 79/21	1,0	1,0
17	25	17	3,2×3,2	9,5	8	Грамоніт А	1,0	1,15
18	20	20	3,3×3,3	10,1	9	Грануліт АС-8	1,0	1,07
19	21	22	3,4×3,4	10,8	10	Грануліт АС-4	1,0	1,22
20	22	25	3,5×3,5	11,4	11	Україніт-ПП-2	1,0	0,93

4.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахуємо параметри буропідричних робіт для відбивання запасів руди камери за варіантом №0.

Визначаємо діаметр свердловини залежно від кондиційного розміру куска руди за формулою (4.1)

$$R = 2 / 3 = 0,7 \text{ м.}$$

$$d = 0,157 \cdot 0,7^{1,32} = 0,098 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр свердловини 102 мм.

Визначаємо інтегральний показник вибуховості за формулою (4.2)

$$C_o = 20 + 56 \cdot \exp(-0,2 \cdot 10) = 27,58.$$

Визначаємо розрахункове значення ЛНО без урахування напружено-деформованого стану масиву за формулою (4.3)

$$W = 1 \cdot 27,58 \cdot 0,102 \cdot \sqrt{1 \cdot 0,93^{-1}} = 3,02 \text{ м.}$$

Приймає ЛНО $W = 3 \text{ м.}$

Визначаємо розрахункове значення коефіцієнту зближення зарядів за формулою (4.4)

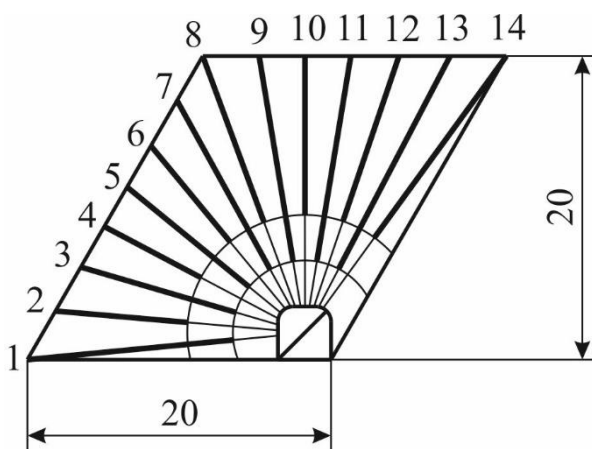
$$m = 0,019 \cdot 27,58 + 0,403 = 0,93.$$

Приймаємо значення коефіцієнту зближення зарядів $m = 1,0.$

Визначаємо відстань між вибоями свердловин за формулою (4.5)

$$a = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м.}$$

За розрахунковою схемою (рис. 4.1) будемо віяло свердловин у шарі в масштабі 1:500.



Характеристика віяла свердловин

№ свердловини	$L_{св.}, \text{ м}$	$L_{зар.}, \text{ м}$
1	16,5	13,5
2	15	9
3	13,5	10,5
4	13	7
5	13	10
6	14	8
7	15,5	12,5
8	17,5	11,5
9	16,5	13,5
10	16,5	10,5
11	16,5	13,5
12	17,5	11,5
13	18,5	15
14	20,5	14,5
Σ	224,0	160,5

Кількість віял свердловин для відбивання запасів руди в камері подано на рис. 4.3.

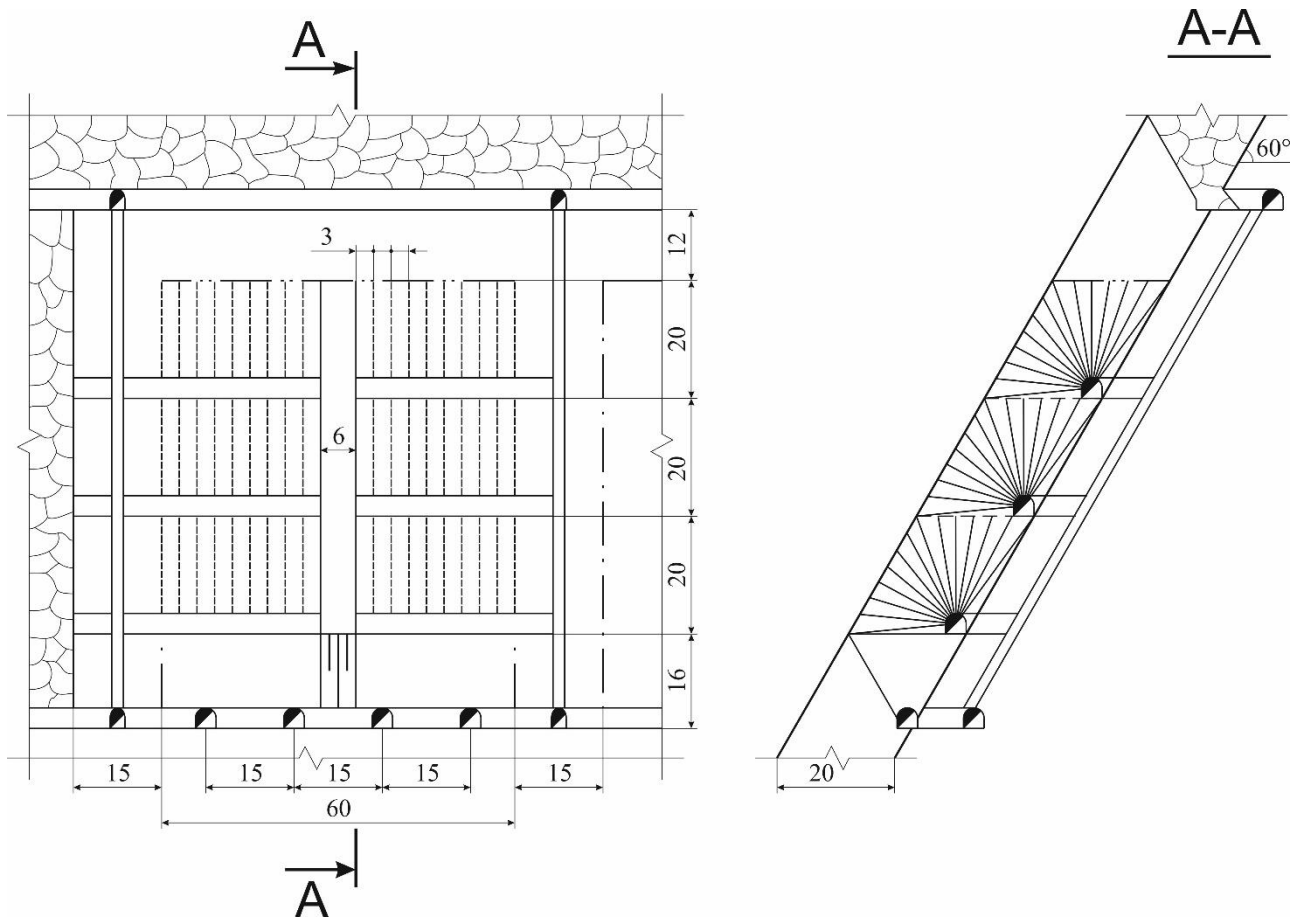


Рис. 4.3. Кількість віял свердловин для відбивання запасів руди камери

Визначаємо сумарну довжину свердловин для відбивання руди в камері за формулою (4.6)

$$L_{\text{сум}} = 54 \cdot 224 = 12096 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість ВР для висаджування запасів руди камери за формулою (4.7)

$$Q_{\text{ВР}} = 54 \cdot 160,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,102^2}{4} \cdot 1000 = 70785 \text{ кг.}$$

Визначаємо промисловий запас руди камери, що відбивається, за формулою (4.8)

$$A_{\text{пром}} = 3 \cdot 3,6 \cdot (20 \cdot 20 \cdot 60 - 6 \cdot 20 \cdot 20 - 12,3 \cdot (60 - 6)) = 226107 \text{ т.}$$

Визначаємо вихід руди з 1 м свердловини за формулою (4.9)

$$\lambda = \frac{226107}{12096} = 18,7 \text{ т/м.}$$

Визначаємо питомі витрати ВР за формулою (4.10)

$$q = \frac{70785}{226107} = 0,31 \text{ кг/т.}$$

Висновок: За результатами розрахунку були визначені такі параметри БПР для відбивання запасів руди камери: діаметр свердловини – 102 мм; ЛНО – 3 м; відстань між вибоями свердловин – 3 м; сумарна довжина свердловин для відбивання руди в камері – 12096 м; кількість ВР для висаджування запасів руди камери – 70785 кг; промисловий запас руди камери – 226107 т; вихід руди з 1 м свердловини – 18,7 т/м; питомі витрати ВР – 0,31 кг/т.

Питання для самоконтролю

1. Розкрити загальну уяву про відбивання руди за допомогою свердловин.
2. Які процеси виконуються при відбиванні руди свердловинами?
3. Що впливає на величину лінії найменшого опору зарядів?
4. Розкрийте поняття «вихід руди з одного метра свердловини».

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90–100	відмінно
74–89	добре
60–73	задовільно
0–59	незадовільно

Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше як 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	20	100

Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи. Оцінювання практичних робіт здійснюється шляхом розрахунку середнього арифметичного балу за складеними практичними роботами.

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі контрольної тестової роботи, що містить 60 запитань.

Критерії оцінювання контрольної роботи

60 тестових завдань з чотирма варіантами відповідей, 1 правильна відповідь оцінюється у 1 бал (разом 60 балів). Опитування за тестом проводиться з використанням технології Microsoft Forms Office 365.

Критерії оцінювання практичної роботи

За кожну практичну роботу здобувач вищої освіти може отримати таку кількість балів:

40 балів: отримано правильну відповідь (згідно з еталоном), використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

30 балів: отримано правильну відповідь з незначними неточностями згідно з еталоном, відсутня формула та/або пояснення змісту окремих складових, або не зазначено одиниці виміру.

20 балів: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

10 балів: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу без пояснень змісту окремих її складових та не зазначено одиниці виміру.

0 балів: наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геомеханіка створення підземної інфраструктури при видобуванні руд із застосуванням емульсійних вибухових речовин: монографія / М.М. Кононенко, О.Є. Хоменко, І.Л. Коваленко, І.Г. Миронова, А.В. Косенко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : Журфонд, 2024. – 252 с.
2. Кононенко М.М. Вибухове руйнування гірських порід і безпека підричних робіт: підручник / М.М. Кононенко, О.Є. Хоменко, А.В. Косенко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : Журфонд, 2026. – 288 с.
3. НПАОП 0.00-5.40-14. Інструкція з безпечної організації та проведення масових вибухів на підприємствах рудної галузі з підземним способом розробки : затв. наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 12.05.2014 №343. Київ, 2015. – 44 с.
4. НПАОП 0.00-1.66-13. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення : затв. наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 12.06.2013 № 355. Київ, 2013. – 184 с.
5. НПАОП 0.00-1.77-16. Правила безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом : затв. наказом Міністерства соціальної політики України 23.12.2016 №1592. Київ, 2017. – 304 с.
6. Собко Б.Ю. Буропідричні роботи на кар'єрах: навч. посіб. / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, М.О. Чебанов ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 213 с.
7. Хоменко О.Є. Процеси підземної розробки рудних родовищ: підручник / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, А.В. Косенко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 206 с.
8. Хоменко О.Є. Технологія підземної розробки рудних родовищ: підручник / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, М.В. Савченко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2018. – 450 с.

Навчальне видання

СОБКО Борис Юхимович
КОНОНЕНКО Максим Миколайович
ХОМЕНКО Олег Євгенович
КОСЕНКО Андрій Володимирович
ЧЕБАНОВ Максим Олександрович

ТЕХНОЛОГІЯ ТА БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра
зі спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології

У 2 частинах

Частина 1 **ПІДЗЕМНІ ГІРНИЧІ РОБОТИ**

Видано в авторській редакції

Електронний ресурс
Підписано до видання 24.03.2026. Авт. арк. 1,3.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19