

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 25 лютого 2021 р.
№ 1

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

«РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТА БЕЗПЕКА ВИБУХОВИХ РОБІТ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «молодший бакалавр»
спеціальності 184 «Гірництво»
освітньо-професійна програма «Гірництво»
факультет гірничо-екологічний

кафедра розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні кафедри
розробки родовищ корисних копалин
ім. проф. Бакка М.Т.
25 січня 2021 р., протокол № 1

Розробники: к.т.н., доц. Хоменчук О.В., ас. Піскун І.А.

Житомир
2021

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 2

ЗМІСТ

Практична робота № 1. Розрахунок кисневого балансу однокомпонентних та сумішевих вибухових речовин.....	3
Практична робота № 2. Розрахунок паспорту буро-вибухових робіт.....	14
Практична робота № 3. Розрахунок параметрів електровибухових мереж..	28
Практична робота № 4. Побудова схеми ініціювання неелектричної мережі.	44
Практична робота № 5. Розрахунок мереж при веденні вибухових робіт ДШ..	50
Практична робота № 6. Визначення безпечних відстаней та часу уповільнення між свердловинними зарядами.....	55
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	59

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 3

Практична робота №1. Розрахунок кисневого балансу однокомпонентних та сумішевих вибухових речовин.

Мета роботи – визначення кисневого балансу однокомпонентних та сумішевих вибухових речовин.

Теоретичні відомості:

Найбільш оптимальним складом вибухових речовин є такий, при якому хімічні реакції вибуху протікають з утворенням водяної пари, вуглекислого газу та азоту, тобто газоподібних продуктів, найменш шкідливих для людського організму. Крім того, під час вибуху звільняється максимально можлива кількість енергії у вигляді тепла. Якщо ж у складі вибухової речовини (ВР) є надлишок або нестача кисню, утворюються відповідно отруйні окиси азоту чи моноокис вуглецю CO.

Небезпека окисів азоту (NO, NO₂, N₂O₃) для людського організму полягає у тому, що при потраплянні в легені вони утворюють азотну та азотисту кислоти, дія яких призводить до набряку легень і смерті. Крім того, утворення окисів азоту відбувається з поглинанням тепла, що призводить до зниження енергії вибуху.

За умови нестачі у складі ВР кисню під час вибуху утворюється чадний газ (CO), шкідлива дія якого полягає у здатності при потраплянні в організм людини утворювати міцні сполуки з червоними кров'яними тільцями і тим самим викликати так званий "кисневий голод", а при певному вмісті CO у крові (> 0,1 %) призводити до смерті.

Нестача кисню позначається й на ефективності вибуху, оскільки утворення чадного газу відбувається з меншим виділенням тепла (113,76 кДж/(г·моль)), ніж утворення двоокису вуглецю (395,65 кДж/(г·моль)).

Склад продуктів вибуху, що виникають у результаті хімічної реакції, залежить від багатьох факторів. Проте найважливішим з них є співвідношення у ВР між горючими складовими (водень, вуглець, а також алюміній, який часто входить до складу ВР) і киснем.

Кисневий баланс (КБ) характеризується відношенням надлишку або нестачі кисню в складі ВР до його кількості, яка необхідна для повного окиснення горючих складових, що містяться у даній ВР. Відповідно до цього кисневий баланс може бути нульовим, додатнім і від'ємним.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 4

При нульовому кисневому балансі вміст кисню у вибуховій речовині достатній для повного окиснення горючих складових, і процес відбувається з переважним утворенням H_2O , CO_2 , N_2 .

При додатному кисневому балансі має місце надлишок кисню. При цьому крім названих газів у великій кількості виділяються NO та NO_2 .

При від'ємному кисневому балансі в умовах нестачі кисню склад продуктів вибуху досить складний, проте головною його відмінністю є утворення чадного газу (CO).

При проведенні вибухових робіт у підземних умовах дозволяється використання ВР лише з нульовим або невеликим додатним кисневим балансом (для окислення оболонок патронування ВР). На відкритих гірничих роботах дозволяється використання ВР з кисневим балансом, відмінним від нульового, але зі зростанням глибини розробок доцільність використання ВР з нульовим кисневим балансом зростає.

Завдання:

Розрахувати кисневий баланс однокомпонентних (таблиця 1.2) та сумішевих вибухових речовин (таблиця 1.3), на основі результатів розрахунків встановити приналежність вибухових речовин до того чи іншого класу за значенням кисневого балансу (нульовий, позитивний, негативний). Вибір варіантів виконується у відповідності до таблиці 1.1.

Вихідні дані:

Таблиця 1.1

Варіанти завдань

Варіант (за списком)	Номери ВР		
1	5	8	17
2	8	25	22
3	24	7	3
4	5	1	8
5	21	3	2
6	19	22	2
7	9	18	20
8	24	4	13
9	24	21	2
10	18	24	11
11	15	14	12
12	8	25	7
13	3	21	19
14	8	3	21

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 5

15	20	14	3
16	5	16	5
17	7	10	6
18	8	4	22
19	11	3	8
20	13	23	14
21	5	13	17
22	24	5	2
23	4	11	20
24	17	4	4
25	10	7	15

Таблиця 1.2

Вихідні дані для розрахунку кисневого балансу однокомпонентних ВР

№ ВР	Назва ВР	Хімічна формула ВР
1	Аміачна селітра	$H_4N_2O_3$
2	Дуніт (пікрит амонію)	$C_6H_6N_4O_7$
3	Циклоніт	$C_3H_6N_6O_6$
4	Етилендіамін динітрат	$C_2H_{10}N_4O_6$
5	Гуанідин нітрат	$CH_6N_4O_3$
6	Гексаметилентрипероксиддіамін	$C_6H_{12}N_2O_6$
7	Гексанітрогексаазаізоурцітан	$C_6H_6N_{12}O_{12}$
8	Нітрат гідразину	$H_5N_3O_3$
9	Манітол гексанітрат	$C_6H_8N_6O_{18}$
10	Монометиламін селітра	$CH_4N_2O_3$
11	Нітроцелюлоза	$C_6H_7N_3O_{11}$
12	Нітрогліцерин	$C_3H_5N_3O_9$
13	Нітротріазолон	$C_2H_2N_4O_3$
14	Октоген	$C_4H_8N_8O_8$
15	Пентаеритрит тетранітрат	$C_5H_8N_4O_{12}$
16	Пікринова кислота	$C_6H_3N_3O_7$
17	Тетразен	$C_2H_8N_{10}O$
18	Тетрил	$C_7H_5N_5O_8$
19	Тринітробензол	$C_6H_3N_3O_6$
20	Тринітротолуол	$C_7H_5N_3O_6$
21	Триаміногуанідин нітрат	$CH_9N_7O_3$
22	Триамінотринітробензол	$C_6H_6N_6O_6$
23	Тринітропіридин	$C_5H_2N_4O_6$
24	Карбомід	$CH_5N_3O_4$
25	Перхлорат амонію	H_4NO_4Cl

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 6

Таблиця 1.3

Вихідні дані для розрахунку кисневого балансу сумішевих ВР

№ ВР	Назва ВР	Компонент №1			Компонент №2			Компонент №3			Компонент №4		
		Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%
1	Грануліт АС-4	Аміачна селітра	NH_4NO_3	92	Алюмінієвий порошок	Al	4	Солярове мастило	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	4			
2	Грануліт АС-8	Аміачна селітра	NH_4NO_3	89	Алюмінієвий порошок	Al	8	Солярове мастило	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	4			
3	Іфзаніт Т-80	Аміачна селітра	NH_4NO_3	74	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	20	Вода	H_2O	6			
4	ГЛТ-20	Аміачна селітра	NH_4NO_3	70	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	24	Хромпик	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	1	Гуаргам	$\text{C}_{35}\text{H}_{49}\text{O}_{29}$	5
5	ГЛА-20	Аміачна селітра	NH_4NO_3	58	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	35	Хромпик	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	1	Гуаргам	$\text{C}_{35}\text{H}_{49}\text{O}_{29}$	6
6	15Т	Аміачна селітра	NH_4NO_3	67	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	15	Карбамід	$\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$	13	Алюмінієвий порошок	Al	5
7	Карбатол ГЛ-10В	Аміачна селітра	NH_4NO_3	65	Алюмінієвий порошок	Al	15	Гранулотол	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	12	Карбамід	$\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$	8
8	Карбатол АТ5	Аміачна селітра	NH_4NO_3	62	Алюмінієвий порошок	Al	20	Карбамід	$\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$	13	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	5
9	Карбатол ТМ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	57	Алюмінієвий порошок	Al	20	Карбамід	$\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$	13	Поліакриламід	$\text{CH}_2\text{CH}(\text{CONH}_2)$	10
10	Амоніт 6ЖВ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	79	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	21						
11	Амоніт 7ЖВ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	79	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	13	Борошно з деревини	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	8			
12	Амоніт 10ЖВ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	85	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	7	Борошно з деревини	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	8			
13	Амоніт АП-4ЖВ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	70	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	20	Хлористий натрій	NaCl	10			
14	Амоніт АП-5ЖВ	Аміачна селітра	NH_4NO_3	70	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	18	Хлористий натрій	NaCl	12			
15	Амоніт Т-19	Аміачна селітра	NH_4NO_3	61	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	19	Хлористий натрій	NaCl	20			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 7

Продовження таблиці 1.3

№ ВР	Назва ВР	Компонент №1			Компонент №2			Компонент №3			Компонент №4		
		Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%	Назва	Формула	Вміст%
16	Амонал скельний №1	Аміачна селітра	NH_4NO_3	66	Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	24	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	5	Алюмінієвий порошок	Al	5
17	Амоніт скельний №2	Аміачна селітра	NH_4NO_3	72	Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	15	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	5	Алюмінієвий порошок	Al	8
18	Амоніт БВ-48	Аміачна селітра	NH_4NO_3	50	Нітрат магнію	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	34	Борошно з деревини	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	16			
19	Амонал скельний №3	Аміачна селітра	NH_4NO_3	72	Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	14	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	6	Алюмінієвий порошок	Al	8
20	Динафталін	Аміачна селітра	NH_4NO_3	88	Динітронафталін	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4$	11	Парафін	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	1			
21	Победіт	Аміачна селітра	NH_4NO_3	70	Хлористий натрій	NaCl	12	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	12	Борошно з деревини	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	6
22	Амоніт ПЖВ-20	Аміачна селітра	NH_4NO_3	64	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	16	Хлористий натрій	NaCl	20			
23	Грамонал А-8	Аміачна селітра	NH_4NO_3	80	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	12	Алюмінієвий порошок	Al	8			
24	Аваніт 2	Аміачна селітра	NH_4NO_3	48	Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	35	Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	10	Нітрат кальцію	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	7
25	Аваніт АРЗ-8	Аміачна селітра	NH_4NO_3	70	Нітрат кальцію	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15	Алюмінієвий порошок	Al	10	Парафін	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 8

Порядок виконання завдання:

1.1. Розрахунок кисневого балансу однокомпонентної ВР

Розрахунок кисневого балансу однокомпонентної ВР буде представлено на прикладі ТЕНу, який має хімічну формулу $(C_5H_8(ONO_2)_4$.

Виконання завдання рекомендується розпочати зі знаходження молярної маси вибухової речовини (1.1):

$$M_{(C_5H_8(ONO_2)_4} = 12 \cdot 5 + 1 \cdot 8 + (16 + 14 + 16 \cdot 2) \cdot 4 = 316, \text{ г/моль} \quad (1.1)$$

Наступним кроком є знаходження необхідного числа атомів кисню для повного окиснення атомів вуглецю у вуглекислоту й атомів водню у воду(1.2):

$$K_H = 2C_n + 0,5H_m \quad (1.2)$$

$$K_{H(C_5H_8(ONO_2)_4} = 2 \cdot 5 + 0,5 \cdot 8 = 14$$

де C_n – кількість атомів вуглецю у складі ВР;

H_m – кількість атомів водню у складі ВР (2 та 0,5 кількість атомів оксиду необхідних для окиснення CO_2 та водню відповідно).

Після знаходження необхідного числа атомів кисню, потрібно розрахувати наявну кількість атомів кисню (1.3):

$$K_B = \Sigma O \quad (1.3)$$

$$K_{B(C_5H_8(ONO_2)_4} = (1 + 1 \cdot 2) \cdot 4 = 12$$

де O – кількість атомів кисню.

На основі отриманих значень знаходимо грам-атомну вагу надлишку чи нестачі кисню в складі ВР (1.4):

$$A_\Gamma = 16(K_B - K_H) \quad (1.4)$$

$$A_{\Gamma(C_5H_8(ONO_2)_4} = 16(12 - 14) = -32$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 9

де 16 – грам-атомна вага кисню;

K_B – число атомів кисню що знаходяться в складі ВР (1.3);

K_H – необхідне число атомів кисню для повного окиснення атомів вуглецю у вуглекислоту й атомів водню у воду (1.2).

Значення кисневого балансу однокомпонентної вибухової речовини може бути розраховано як:

$$K_6 = \frac{100A_\Gamma}{M}, \% \quad (1.5)$$

$$K_{6(C_5H_8(ONO_2)_4)} = \frac{100 \cdot (-32)}{316} = -10,12 \%$$

де A_Γ – грам-атомна вага надлишку чи нестачі кисню в складі ВР за формулою (1.4);

M – грам-молекулярна вага даної ВР (знаходиться як сумарна молярна маса складових хімічних елементів) за формулою (1.1).

1.2. Розрахунок кисневого балансу сумішевих ВР

Розрахунок кисневого балансу сумішевої ВР буде представлено на прикладі Амоніту 9ЖВ, який складається з 83% аміачної селітри (NH_4NO_3), 6% деревного борошна ($C_{15}H_{22}O_{10}$) та 11% тротилу ($C_7H_5(NO_3)_2$).

Знаходження кисневого балансу сумішевої ВР розпочинається зі знаходження молярної маси кожного з компонентів ВР (1.6):

$$M_{(NH_4NO_3)} = 14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3 = 80, \text{ г/моль}$$

$$M_{(C_{15}H_{22}O_{10})} = 12 \cdot 15 + 1 \cdot 22 + 16 \cdot 10 = 362, \text{ г/моль} \quad (1.6)$$

$$M_{(C_7H_5(NO_3)_2)} = 12 \cdot 7 + 1 \cdot 5 + (14 + 16 \cdot 3) \cdot 2 = 213, \text{ г/моль}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 10

Наступним кроком є знаходження необхідного числа атомів кисню для повного окиснення атомів вуглецю у вуглекислоту й атомів водню у воду у кожному зі складових компонентів ВР (1.7):

$$K_H = 2C_n + 0,5H_m$$

$$K_{H(NH_4NO_3)} = 2 \cdot 0 + 0,5 \cdot 4 = 2 \quad (1.7)$$

$$K_{H(C_{15}H_{22}O_{10})} = 2 \cdot 15 + 0,5 \cdot 22 = 41$$

$$K_{H(C_7H_5(NO_3)_2)} = 2 \cdot 7 + 0,5 \cdot 5 = 16,5$$

де C_n – кількість атомів вуглецю у складі ВР;

H_m – кількість атомів водню у складі ВР;

2 та 0,5 кількість атомів кисню необхідних для окиснення CO_2 та водню відповідно.

Після знаходження необхідного числа атомів кисню для повного окиснення атомів вуглецю у вуглекислоту й атомів водню у воду, потрібно розрахувати наявну кількість атомів кисню (1.8):

$$K_B = \Sigma O$$

$$K_{B(NH_4NO_3)} = 1 \cdot 3 = 3 \quad (1.8)$$

$$K_{B(C_{15}H_{22}O_{10})} = 1 \cdot 10 = 10$$

$$K_{B(C_7H_5(NO_3)_2)} = (1 \cdot 3) \cdot 2 = 6$$

де O – кількість атомів кисню.

На основі отриманих значень знаходимо грам-атомну вагу надлишку чи нестачі кисню в складі кожного з компонентів ВР (1.9):

$$A_\Gamma = 16(K_B - K_H)$$

$$A_{\Gamma(NH_4NO_3)} = 16(3 - 2) = +16 \quad (1.9)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 11

$$A_{\Gamma(C_{15}H_{22}O_{10})} = 16(10 - 41) = -496$$

$$A_{\Gamma(C_7H_5(NO_3)_2)} = 16(6 - 16,5) = -168$$

де 16 – грам-атомна вага кисню;

K_B – число атомів кисню що знаходяться в складі ВР (1.8);

K_H – необхідне число атомів кисню для повного окиснення атомів вуглецю у вуглекислоту й атомів водню у воду (1.7).

Значення кисневого балансу кожного зі складових компонентів вибухової речовини може бути розраховано як (1.10):

$$K_{\delta} = \frac{100A_{\Gamma}}{M}, \%$$

$$K_{\delta(NH_4NO_3)} = \frac{100 \cdot (+16)}{80} = +20,0 \%$$

(1.10)

$$K_{\delta(C_{15}H_{22}O_{10})} = \frac{100 \cdot (-496)}{362} = -137,1 \%$$

$$K_{\delta(C_7H_5(NO_3)_2)} = \frac{100 \cdot (-168)}{213} = -78,8 \%$$

де A_{Γ} – грам-атомна вага надлишку чи нестачі кисню в складі ВР (1.9);

M – грам-молекулярна вага даної ВР (знаходиться як сумарна молярна маса складових хімічних елементів) (1.6).

Для знаходження кисневого балансу сумішевої ВР необхідно врахувати значення кисневого балансу кожного зі складових компонентів та відсотковий вміст даного компоненту у складі суміші (1.11):

$$K_B = \sum_{i=1}^m K_{B_i} P_i \quad (1.11)$$

$$K_B = 20 \cdot 0,83 + (-137,1) \cdot 0,06 + (-78,8) \cdot 0,11 = -0,294$$

де K_{B_i} – кисневий баланс кожного з складових елементів ВР (1.10);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 12

P_i – вміст кожного з складових елементів ВР у долях одиниці.

1.3. Розрахунок кисневого балансу сумішевих ВР, які містять алюміній

Розрахунок кисневого балансу сумішевої ВР буде представлено на прикладі амоналу, який складається з 80 % аміачної селітри (NH_4NO_3) з молярною масою 80 г/моль, 15 % тротилу ($\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$) з молярною масою 227 г/моль і 5 % алюмінієвої пудри (Al) з молярною масою 27 г/моль.

Позначив кількість молів тротилу x , аміачної селітри y , алюмінієвої пудри z , можна написати хімічну формулу у вигляді



У відповідності до вагового складу можна записати наступне співвідношення

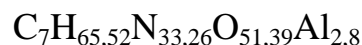
$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{80}{15}; \quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 227} = \frac{5}{15}.$$

Звідки $y = 15,13x$; $z = 2,8x$.

При $x=1$ хімічна формула вибухової речовини прийме вигляд



або



Молярна маса вибухової речовини знаходиться як множення кількості атомів кожного компонента на його атомну масу.

$$M = 7 \cdot 12 + 65,52 \cdot 1 + 33,26 \cdot 14 + 51,39 \cdot 16 + 2,8 \cdot 27 = 1513 \text{ г/моль.}$$

Грам-атомна вага надлишку чи нестачі кисню у складі ВР знаходиться за формулою:

$$A_r = d - \left(2a + \frac{b}{2} + \frac{3e}{2} \right), \quad (1.12)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 13

де a, b, d, e – відповідно кількість атомів вуглецю, водню, кисню і алюмінію у складі ВР, моль.

Грам-атомна вага надлишку чи нестачі кисню у складі амоналу дорівнює

$$A_{\Gamma} = d - \left(2a + \frac{b}{2} + \frac{3e}{2} \right) = 51,39 - \left(2 \cdot 7 + \frac{65,52}{2} + \frac{3 \cdot 2,8}{2} \right) = 0,43 \text{ г.}$$

Кисневий баланс амоналу

$$K_{\text{б}} = \frac{100A_{\Gamma}}{M} = \frac{100 \cdot 0,43}{1513} = 0,03 \text{ \%}$$

Кисневий баланс позитивний.

1.4. Розрахунок кисневого балансу запобіжних сумішевих ВР, які містять солі

Селективно-детонувальні вибухові речовини V...VII класів у своєму складі містять не тільки класичні горючі елементи (С, Н), але і цілу низку металів, фосфор, які в процесі вибухової реакції окиснюються киснем. При цьому спочатку хлор з'єднується з металами, потім окиснюються залишки усіх металів, після чого окиснюється водень до H_2O , і в кінці залишок кисню з'єднується з вуглецем до CO і CO_2 . Враховуючи це, параметр $K_{\text{н}}$ для таких ВР визначається значно складніше, ніж для ВР II...IV класів.

У загальному вигляді:

$$K_{\text{н}} = 0,5 \sum_{i=1}^m n_i k_i b_i, \quad (1.13)$$

де 0,5 – величина, зворотня валентності кисня;

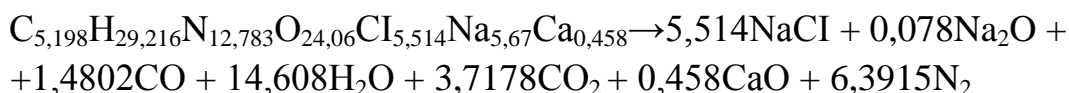
n_i – кількість атомів і-елемента у складі ВР;

k_i – валентність і-елемента;

b_i – безрозмірний коефіцієнт, який приймають «+1» для хімічних елементів, що вступають у процес вибухового розкладу в реакцію з киснем; «0» – для хімічних елементів, які не вступають під час вибуху в реакцію з киснем, наприклад, для кисню, азоту та ін; «-1» – для хімічних елементів, які вступають в реакцію з елементами першої із перелічених груп, тобто для яких $b=1$, наприклад, для хлору.

Приклад. Визначити кисневий баланс для дослідного зразка У14П (V клас).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 14



Рішення.

$$K_g = 24,06;$$

$$K_H = 0,5 \cdot (5,198 \cdot 4 \cdot 1 + 29,216 \cdot 1 \cdot 1 + 12,783 \cdot 5 \cdot 0 + 24,06 \cdot 2 \cdot 0 + 5,514 \cdot 1 \cdot (-1) + 5,67 \cdot 1 \cdot 1 + 0,458 \cdot 2 \cdot 1) = 25,54;$$

$$M = 5,198 \cdot 12 + 29,216 \cdot 1 + 12,783 \cdot 14 + 24,06 \cdot 16 + 5,514 \cdot 35,45 + 5,67 \cdot 22,99 + 0,458 \cdot 40,08 = 684,99 \text{ кг/кмоль};$$

$$K_6 = \frac{100A_r}{M} = \frac{100 \cdot 16 \cdot (K_B - K_H)}{M} = \frac{100 \cdot 16 \cdot (24,06 - 25,54)}{684,99} = -3,457 \%$$

Кисневий баланс негативний.

Практична робота №2. Розрахунок паспорту буро-вибухових робіт.

Мета роботи – розрахунок параметрів паспорта буро-вибухових робіт.

Теоретичні відомості:

Метод свердловинних зарядів застосовується на кар'єрних при висадженні уступів висотою більше 5-7 м. Найбільш доцільним застосування даного методу є для уступів висотою від 10 до 20 м, але мають бути також враховані характеристики засобів механізації.

На уступі що підлягає висадженню, бурять похилі або вертикальні (в переважній кількості випадків) свердловини для розміщення зарядів ВР. Діаметр свердловин переважною мірою залежить від характеристики породи і може коливатись в межах від 75 до 320 мм (у слабких породах – до 150 мм, у більш міцних – 200 мм і більше). Свердловини можуть розташовуватись в один чи декілька рядів паралельно до фронту вибою (рис. 2.1).

У залежності від висоти уступу і міцності породи кут укосу уступу зазвичай становить 60 – 90°, унаслідок чого опір масиву вибуху в нижній частині вертикально пробуреної свердловини, як правило, більше ніж у верхній. Відстань яка характеризує опір масиву вибуху називають лінією опору по підшві, вона являє собою відстань від нижньої бровки уступу до центру свердловини (рис.2.1).

Для гарного подрібнення у зоні підшви уступу і попередження утворення порогів, свердловини бурять глибше рівня підшви вибою. Частина свердловини, що знаходиться нижче підшви уступу, зветься перебуром. Довжина перебуру

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 15

залежить від міцності породи і величини лінії опору по підшві, оскільки часто приймається рівною 0,1...0,2 її величини. Іноді, з метою зменшення значення величини перебуру, нижню частину свердловини заповнюють більш потужною ВР. Також, для більш рівномірного подрібнення породи часто заряди роблять розосередженими.

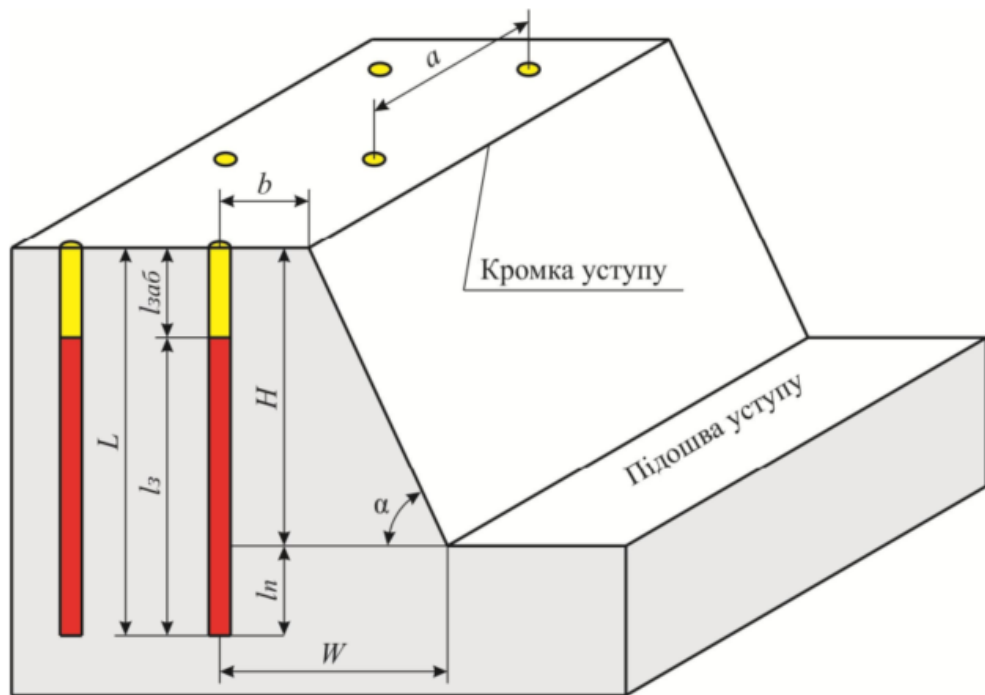


Рис.2.1. Схема розташування свердловин на уступі

Завдання:

На основі вихідних даних (таблиця 2.1) розрахувати параметри паспорту буро-вибухових робіт, необхідну кількість ВР та об'єми отриманої в ході підривання гірничої маси. За результатами розрахунків побудувати паспорт буро-вибухових робіт.

Приклад розрахунків буде показано на основі наступних вихідних даних: порода – граніт; об'ємна вага – 2,8 т/м³; коефіцієнт міцності за Протодьяконовим – 10; висота уступу – 7 м; кут відкосу уступу – 65°; тип вибухової речовини – ігданіт; спосіб підривання – миттєве; схема розташування свердловин – квадратна; значення добової продуктивності – 700 м³/добу; тип транспорту – автомобільний.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 16

Порядок виконання завдання:

2.1. Розрахунок лінійних параметрів свердловин

Одним з ключових параметрів свердловини є її діаметр. Необхідний діаметр свердловини головним чином залежить від параметрів розроблюваного уступу, а саме його висоти, кута відкосу уступу та фізико-технічних параметрів порід, які власне і складають цей уступ. Формула для розрахунку діаметра свердловини (2.1) має наступний вигляд:

$$d_{\text{св}} = \frac{H_y \text{ctg} \alpha_{\text{роб}} + C}{16,5(3,2 - m)k_m} \sqrt{\rho k_{\text{вр}} / \Delta}, \text{ м} \quad (2.1)$$

$$d_{\text{св}} = \frac{7 \cdot \text{ctg} 65^\circ + 3}{16,5 \cdot (3,2 - 0,9) \cdot 1,1} \sqrt{2,8 \cdot 1,11 / 0,9} = 0,28, \text{ м}$$

де H_y – висота уступу, приймається у відповідності до вихідних даних (м);

$\alpha_{\text{роб}}$ – кут відкосу робочого уступу, приймається у відповідності до вихідних даних (°);

C – берма безпеки ($C \geq 3$ м);

m – коефіцієнт зближення свердловин (для вертикальних свердловин $m=0,8 \div 1,2$);

k_m – коефіцієнт, що враховує тріщинуватість масиву (для порід III категорії тріщинуватості $k_m = 0,9$, для порід IV категорії тріщинуватості $k_m = 1,1$);

ρ – об'ємна вага породи, приймається у відповідності до вихідних даних (т/м^3);

$k_{\text{вр}}$ – перевідний коефіцієнт, що враховує відносну потужність ВР, приймається у відповідності до таблиці 2.2;

Δ - щільність заряджання ВР, приймається у відповідності до таблиці 2.2.

Оскільки при бурінні свердловин їх діаметр завжди буде більшим заданого, що пояснюється нерівністю їх стінок та наявністю зазору між буровим інструментом та стінками свердловини, в разі використання порошкових чи емульсійних непатронованих ВР, діаметр заряду приймається більшим діаметра свердловини на величину розбурення (2.2):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 17

$$d_3 = 1,05 \div 1,08 d_{CB}, \text{ м}$$

(2.2)

$$d_3 = 1,08 \cdot 0,28 = 0,3, \text{ м}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 18

Вихідні дані:

Таблиця 2.1

Дані для виконання роботи

Варіант	Порода	Об'ємна вага, т/м ³	Коефіцієнт міцності за Протоджаконімом	Висота уступу, м	Кут відкосу уступу, °	Тип вибухової речовини	Спосіб підривання	Розташування свердловин	Добова продуктивність, м ³ /добу	Тип транспорту
1	Граніт	2,9	12	10	65	Грануліт АС-4	Миттєве	Квадратне	950	Автомобільний
2	Кам'яне вугілля	1,9	2	6	55	Ігданіт	Короткосповільнене	Шахове	920	Залізничний
3	Доломіт	2,6	6	11	60	Грануліт С-2	Короткосповільнене	Квадратне	520	Залізничний
4	Кам'яне вугілля	1,7	2	5	45	Амоніт АП-5ЖВ	Миттєве	Шахове	370	Автомобільний
5	Вапняк	2,1	8	12	50	Інфазіт Т-80	Миттєве	Квадратне	520	Автомобільний
6	Граніт	2,7	10	6	65	Інфазіт Т-60	Короткосповільнене	Шахове	415	Залізничний
7	Кварцит	2,5	20	14	65	Інфазіт Т-40	Короткосповільнене	Квадратне	520	Залізничний
8	Антрацит	1,8	2,5	10	45	Амоніт АП-5ЖВ	Миттєве	Шахове	280	Автомобільний
9	Граніт	2,9	15	8	65	Гарбатол ТМ	Миттєве	Квадратне	260	Автомобільний
10	Кам'яне вугілля	1,9	2	8	55	Ігданіт	Короткосповільнене	Шахове	1190	Залізничний
11	Доломіт	2,4	5	9	60	Ігданіт А-6	Короткосповільнене	Квадратне	1050	Залізничний
12	Кам'яне вугілля	1,7	2	5	55	Амоніт 6-ЖВ	Миттєве	Шахове	260	Автомобільний
13	Вапняк	1,9	6	16	45	Амонал скельний №3	Миттєве	Квадратне	805	Автомобільний
14	Граніт	2,9	10	10	65	Амоніт 9-ЖВ	Короткосповільнене	Шахове	450	Залізничний

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 19

Продовження таблиці 2.1

Варіант	Порода	Об'ємна вага, т/м ³	Коефіцієнт міцності за Протокольним	Висота уступу, м	Кут відкосу уступу, °	Тип вибухової речовини	Спосіб підривання	Розташування свердловин	Добова продуктивність, м ³ /добу	Тип транспорту
15	Кварцит	2,5	20	10	65	Амонал скельний №3	Короткосповільнене	Квадратне	515	Залізничний
16	Антрацит	1,8	2,5	7	45	Амоніт АП-5ЖВ	Миттєве	Шахове	955	Автомобільний
17	Граніт	3,2	12	5	65	Амоніт АТ-1	Миттєве	Квадратне	620	Автомобільний
18	Кам'яне вугілля	1,9	2	9	55	Амоніт АТ-2	Короткосповільнене	Шахове	365	Залізничний
19	Доломіт	2,6	5	7	60	Амоніт скельний №1	Короткосповільнене	Квадратне	1120	Залізничний
20	Кам'яне вугілля	1,7	2	8	45	Амоніт АП-5ЖВ	Миттєве	Шахове	430	Автомобільний
21	Вапняк	2,1	8	8	50	Гранітол-1	Миттєве	Квадратне	850	Автомобільний
22	Граніт	2,9	10	12	65	Гранітол 7А	Короткосповільнене	Шахове	905	Залізничний
23	Кварцит	2,5	20	9	65	Амонал	Короткосповільнене	Квадратне	355	Залізничний
24	Антрацит	1,8	2,5	5	45	Динафталіт	Миттєве	Шахове	995	Автомобільний
25	Граніт	2,9	10	13	65	Детоніт 10А	Короткосповільнене	Квадратне	760	Залізничний

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 20

Таблиця 2.2

Значення густини заряджання та відносної потужності ВР

№ з/п	Найменування ВР	Густина заряджання Δ	Відносна потужність ВР ($k_{вр}$)
1	Грануліт АС-4	0,85-0,90	1,08-1,11
2	Грануліт АС-8	1,10-1,25	1,20-1,25
3	Грануліт С-2	0,90-1,10	1,20-1,25
4	Грануліт М	0,95-1,15	0,92-1,04
5	Інфазіт Т-80	1,45-1,50	1,06-1,10
6	Інфазіт Т-60	1,40-1,45	1,05-1,12
7	Інфазіт Т-40	1,40-1,46	1,00-1,05
8	Інфазіт Т-20	1,31-1,36	1,15-1,25
9	Гарбатол ТМ	1,25-1,50	1,38-1,52
10	Ігданіт	0,80-0,90	1,11-1,15
11	Ігданіт А-6	0,90-0,95	1,08-1,10
12	Амоніт 6-ЖВ	0,80-0,85	1,08-1,10
13	Амоніт 7-ЖВ	0,78-0,83	1,00-1,05
14	Амоніт 9-ЖВ	0,72-0,78	1,04-1,10
15	Амоніт АП-4ЖВ	1,00-1,15	0,78-0,90
16	Амоніт АП-5ЖВ	1,05-1,20	0,75-0,85
17	Амоніт АТ-1	0,85-0,90	0,90-1,00
18	Амоніт АТ-2	0,85-0,90	0,90-1,00
19	Амоніт скельний №1	0,95-1,10	1,05-1,10
20	Амонал скельний №3	0,85-0,95	1,08-1,12
21	Гранітол-1	0,90-0,95	0,98-1,06
22	Гранітол 7А	0,85-0,95	1,05-1,10
23	Амонал	0,95-1,15	1,12-1,18
24	Динафталіт	1,0-1,15	0,92-0,97
25	Детоніт 10А	1,10-1,13	1,10-1,12

Місткість одного метра свердловини, це величина, яка показує кількість ВР, яка міститься в 1 метрі погонному свердловини, при заданій щільності заряджання вибухової речовини (2.3):

$$P_{св} = \frac{\pi d_3^2}{4} \Delta, \text{ кг/м. п}$$

(2.3)

$$P_{св} = \left(\frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \right) \cdot 900 = 64,61, \text{ кг/м. п}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 21

де π – математична стала, що визначається як відношення довжини кола l до його діаметра d ;

d_3 – діаметр заряду ВР (м);

Δ - щільність заряджання (кг/м³).

Лінією опору по підшві вважають відстань по горизонталі від осі заряду свердловини до відкритої поверхні на рівні підшви уступу. Для знаходження розрахункового значення лінії опору по підшві використовують наступну формулу (2.4):

$$W_p = 0,9 \sqrt{\frac{P_{св}}{q_p}}, \text{ м} \quad (2.4)$$

$$W_p = \sqrt{\frac{64,61}{0,56}} = 9,71, \text{ м}$$

де $P_{св}$ – місткість 1 м/п свердловини (2.3);

q_p – питома витрата ВР (2.6);

За спрощеною методикою, значення лінії опору по підшві може бути пораховане як (2.5):

$$W_p = (0,5 \div 0,9)H \quad (2.5)$$

$$W_p = 0,9 \cdot 7 = 6,30, \text{ м}$$

Приймаємо значення лінії опору по підшві рівне 6,30 м.

Питома витрата вибухової речовини (2.6):

$$q_p = q^{\text{етал}} k_{вр}, \text{ кг/м}^3 \quad (2.6)$$

$$q_p = 0,5 \cdot 1,11 = 0,56, \text{ кг/м}^3$$

де $q^{\text{етал}}$ – еталонна витрата ВР, приймається у відповідності до таблиці 2.3.

Для забезпечення безпечних умов ведення вибухових робіт, на ряду з розрахунковим, знаходять і безпечне значення лінії опору по підшві, для цього використовують формулу (2.7):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 22

Таблиця 2.3

Розрахункова питома витрата ВР

Найменування породи	Група ґрунтів і порід за класифікацією СНіП	Коефіцієнт міцності f за шкалою М.М. Протодяконова	Розрахункова питома витрата ВР, кг/м ³	
			для зарядів розпушення	для зарядів викиду
Пісок	I	–	–	1,6–1,8
Пісок щільний або вологий	I–II	–	–	1,2–1,3
Суглинок важкий	II	–	0,35–0,4	1,2–1,5
Глина тяглова	III	–	0,35–0,45	1,0–1,4
Лес	III–IV	–	0,3–0,4	0,9–1,2
Крейда, вилужений мергель	IV–V	0,8–1,0	0,25–0,3	0,9–1,2
Гіпс	IV	1,0–1,5	0,35–0,45	1,1–1,5
Вапняк-черепашник	V–VI	1,5–2,0	0,35–0,6	1,4–1,8
Опока, мергель	IV–VI	1,0–1,5	0,3–0,4	1,0–1,3
Туфи тріщинуваті, щільні, важка пемза	V	1,5–2,0	0,35–0,5	1,2–1,5
Конгломерат, брекчії на вапняному і глинистому цементі	IV–VI	2,3–3,0	0,35–0,45	1,1–1,4
Пісковик на глинистому цементі, сланець глинистий, слюдяний, мергель	VI–VII	3,0–6,0	0,4–0,5	1,2–1,6
Доламіт, вапняк, магнезит, пісковик на вапняному цементі	VII–VIII	5,0–6,0	0,4–0,5	1,2–1,8
Вапняк, пісковик, мармур	VII–IX	6,0–8,0	0,45–0,7	1,2–2,1
Граніт, гранодіорит	VII–X	6–12	0,5–0,7	1,7–2,1
Базальт, діабаз, андезит, габро	IX–XI	6–18	0,6–0,75	1,7–2,2
Кварцит	X	12–14	0,5–0,6	1,6–1,9
Порфірит	X	16–20	0,7–0,75	2,0–2,2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 23

$$W_6 = H_y \operatorname{ctg} \alpha_{\text{роб}} + C, \text{ м} \quad (2.7)$$

$$W_6 = 7 \cdot \operatorname{ctg} 65^\circ + 3 = 6,26, \text{ м}$$

При цьому, має зберігатись умова:

$$W_p \geq W_6$$

$$6,30 \geq 6,26$$

Умова виконується, отже розрахунок виконано правильно.

З метою отримання рівної підшви уступу, при проектуванні свердловин, в довжину свердловини закладають значення перебуру (2.8):

$$L_{\text{пер}} = (10 \div 15)d_z, \text{ м} \quad (2.8)$$

$$L_{\text{пер}} = 15 \cdot 0,3 = 4,54, \text{ м}$$

Довжину стовпчика набивки, можна знайти за допомогою наступного співвідношення (2.9):

$$L_{\text{наб}} = (25 \div 30)d_z, \text{ м} \quad (2.9)$$

$$L_{\text{наб}} = 25 \cdot 0,3 = 7,56, \text{ м}$$

Глибина свердловини в такому випадку становитиме суму висоти уступу та довжини перебуру (2.10):

$$L_{\text{св}} = H_y + L_{\text{пер}}, \text{ м} \quad (2.10)$$

$$L_{\text{св}} = 7 + 4,54 = 11,54, \text{ м}$$

Довжина стовпчика заряду ВР знаходитиметься як різниця глибини свердловини та висоти стовпчика набивки (2.11):

$$L_{\text{зар}} = L_{\text{св}} - L_{\text{наб}}, \text{ м} \quad (2.11)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 24

$$L_{\text{зар}} = 11,54 - 7,56 = 3,98, \text{ м}$$

2.2. Розрахунок параметрів сітки свердловин

Відстань між свердловинами в ряду залежить від способу підривання і знаходиться за формулами (2.12) та (2.13):

- при миттєвому підриванні:

$$a = (0,8 \div 1)W_p, \text{ м} \quad (2.12)$$

$$a = 0,8 \cdot 6,30 = 5,04, \text{ м}$$

- при короткосповільненому підриванні:

$$a = (1 \div 1,4)W_p, \text{ м} \quad (2.13)$$

Для знаходження відстані між рядами зарядів використовують формули (2.14) та (2.15):

- при миттєвому підриванні:

$$b = 0,85W_p, \text{ м} \quad (2.14)$$

$$b = 0,85 \cdot 6,30 = 5,36, \text{ м}$$

- при короткосповільненому підриванні:

$$b = W_p, \text{ м} \quad (2.15)$$

2.3. Розрахунок необхідної кількості ВР

Значення необхідної кількості ВР, яку потрібно розмістити в одній свердловині для ефективного розпушення товщі гірської породи знаходиться за формулою (2.16):

$$Q = aN_y W_p q_p, \text{ кг} \quad (2.16)$$

$$Q = 5,36 \cdot 7 \cdot 6,30 \cdot 0,56 = 123,36, \text{ кг}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 25

Максимально можлива кількість заряду, яка може бути розміщена у свердловині знаходиться за формулою (2.17):

$$Q^{CB} = P_{CB} L_{зар} \quad (2.17)$$

$$Q^{CB} = 64,61 \cdot 3,98 = 256,88, \text{ кг}$$

При цьому, має виконуватись умова: $Q^{CB} \geq Q$. У випадку, якщо умова не виконується, необхідно збільшити діаметр свердловини та провести перерахунок всіх даних. Якщо умова виконується, то проводять розрахунок величини розосередження заряду (2.18):

$$L_{пром} = \frac{Q^{CB} - Q}{P_{CB}} \quad (2.18)$$

$$L_{пром} = \frac{256,88 - 123,36}{64,61} = 2,07, \text{ м}$$

У випадку, коли $L_{пром}$ менше 0,5 м, повітряний проміжок не облаштовують, а значення розосередження віднімають від довжини стовпчика заряду та додають до довжини стовпчика набивки (2.19) та (2.20):

$$L'_{зар} = L_{зар} - L_{пром} \quad (2.19)$$

$$L'_{наб} = L_{наб} + L_{пром} \quad (2.20)$$

У випадку, коли $L_{пром}$ більше 0,5 м, заряд необхідно розосередити таким чином, щоб у верхній частині свердловини розміщувалось 0,25-0,35 частини довжини загального заряду (2.21) та (2.22):

$$L_{зар}^{вер} = k_{роз} (L_{зар} - L_{пром}), \text{ м} \quad (2.21)$$

$$L_{зар}^{вер} = 0,25 \cdot (3,98 - 2,07) = 0,48, \text{ м}$$

При цьому у нижній частині буде розміщено залишок заряду:

$$L_{зар}^{ниж} = (1 - k_{роз}) (L_{зар} - L_{пром}), \text{ м} \quad (2.22)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 26

$$L_{\text{зар}}^{\text{ниж}} = (1 - 0,25) \cdot (3,98 - 2,07) = 1,43, \text{ м}$$

Між верхньою та нижньою частинами заряду облаштовують повітряний проміжок, рівний величині розосередження заряду (2.18).

У випадку, коли $L_{\text{пром}}$ перевищує значення в 3,5 м, заряд розосереджують на декілька частин, загальна колонка заряду в такому випадку складатиметься (2.23):

$$L_{\text{зар}} = L_{\text{зар}}^{\text{вер}} + L_{\text{пром}} + L_{\text{зар}}^{\text{ниж}} \quad (2.23)$$

Розрахунок довжини частин заряду знаходиться за формулами (2.24) (2.25) та (2.26):

$$L_{\text{зар}}^{\text{ниж}} = 2/3 m \quad (2.24)$$

$$L_{\text{зар}}^{\text{вер}} = 1/3 m \quad (2.25)$$

$$m = L_{\text{зар}} - L_{\text{пром}} \quad (2.26)$$

2.4. Розрахунок необхідної кількості свердловин та виходу підірваної гірничої маси

Необхідна кількість свердловин в ряді, для підривання блоків, які забезпечать місячну роботу виймального устаткування (2.27):

$$n_{\text{св}}^{\text{м}} = \frac{Q^{\text{доб}} N_{\text{дн.міс}}}{K_p a [W + b(n_p - 1)] H_y}, \text{ шт} \quad (2.27)$$

$$n_{\text{св}}^{\text{м}} = \frac{700 \cdot 24}{1,2 \cdot 5,04 \cdot (6,3 + 5,36 \cdot (3 - 1)) \cdot 7} = 24, \text{ шт}$$

де $N_{\text{дн.міс}}$ – к-сть робочих днів на місяць (21 – 24 дні);

K_p – коефіцієнт розпушення породи (1,1 – 1,5);

n_p – к-сть рядів свердловин (3–5 рядів для автомобільного транспорту; 2–3 ряди для залізничного транспорту);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 27

$Q^{\text{доб}}$ – добова продуктивність ко корисній копалині, приймається у відповідності до вихідних даних ($\text{м}^3/\text{добу}$).

Загальна кількість свердловин, яка забезпечить місячну роботу виймального устаткування знаходиться як (2.28):

$$n_{\text{СВ}}^{\text{заг}} = n_{\text{р}} n_{\text{СВ}}^{\text{М}} \quad (2.28)$$

$$n_{\text{СВ}}^{\text{заг}} = 3 \cdot 24 = 72, \text{ шт}$$

Значення фактичного об'єму гірської маси, що піддаватиметься підриванню буде становити (2.29):

$$V_{\text{Г.М}}^{\text{міс}} = a n_{\text{СВ}}^{\text{М}} [W + b(n_{\text{р}} - 1)] H_{\text{у}} \quad (2.29)$$

$$V_{\text{Г.М}}^{\text{міс}} = 5,04 \cdot 24 \cdot (6,3 + 5,36 \cdot (3 - 1)) \cdot 7 = 14402,71, \text{ м}^3$$

Значення об'єму підрваної гірської маси в розпушеному стані становитиме (2.30):

$$V_{\text{Г.М.роз}}^{\text{міс}} = V_{\text{Г.М}}^{\text{міс}} K_{\text{р}} \quad (2.30)$$

$$V_{\text{Г.М.роз}}^{\text{міс}} = 14402,71 \cdot 1,2 = 17283,25, \text{ м}^3$$

2.5. Побудова паспорту буро-вибухових робіт

За результатами, отриманими в ході виконання розрахунків необхідно побудувати паспорт буро-вибухових робіт. На паспорті має бути позначено: відстань між рядами свердловин (a); відстань між свердловинами в ряді (b); висоту уступу ($H_{\text{у}}$); значення берми безпеки (C); значення лінії опору по підошві ($W_{\text{р}}$); глибину свердловини ($L_{\text{СВ}}$); висоту колонки заряду розміщеного в свердловині ($L_{\text{зар}}$); висоту набивки ($L_{\text{наб}}$); глибину перебуру ($L_{\text{пер}}$).

Приклад побудови паспорта показаний на рис. 2.2. Паспорт складається з двох частин, перша з яких являє собою план (вид зверху), на якому власне розміщена сітка свердловин, в межах уступу що підлягає підриванню. На плані задається лінія перерізу, у відповідності до якої і будується сам переріз.

Паспорт буровибухових робіт

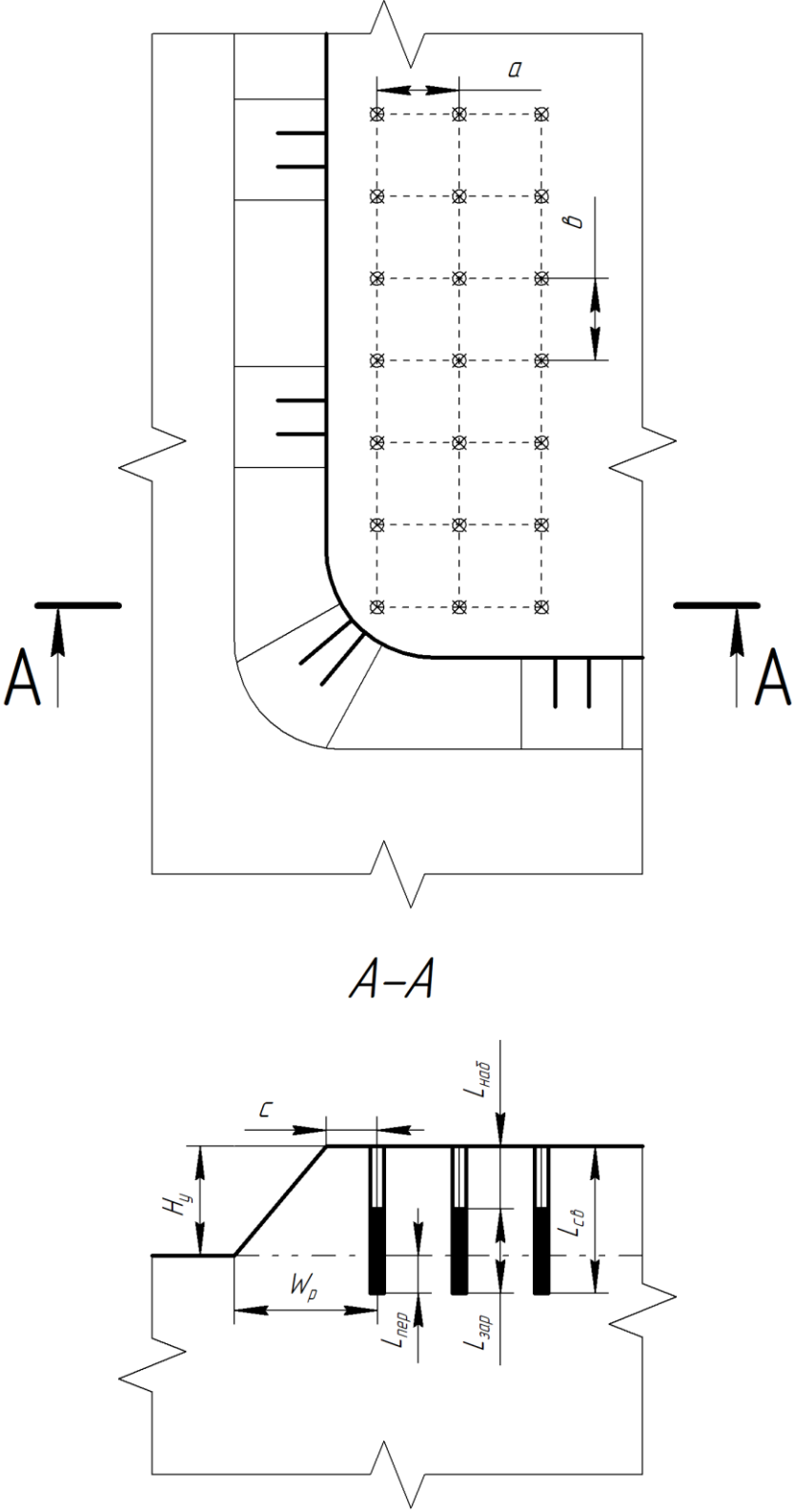


Рис.2.2. Приклад побудови паспорта буровибухових робіт

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 29

Практична робота №3. Розрахунок параметрів електровибухових мереж.

Мета роботи – визначення кисневого балансу однокомпонентних та сумішевих вибухових речовин.

Теоретичні відомості:

Електричний спосіб підривання широко застосовується, як ефективний елемент комплексу гірничих робіт, пов'язаних з видобутком корисних копалин у відкритих та підземних умовах. До засобів електричного підривання відносяться: електродетонатори (ЕД); електричні проводи; джерело струму; контрольно-вимірювальну апаратуру.

У електропідривних мережах використовують три типи з'єднання проводів (див. рис. 3.2): **послідовне**; **паралельне** (пучкове та ступеневе); **змішане** (послідовно-паралельне та паралельно-послідовне).

3.1. Розрахунок електропідривної мережі з послідовним з'єднанням електродетонатора при підриванні підривною машинкою

Завдання: розрахувати параметри електропідривної мережі при використанні підривної машинки з послідовним з'єднанням електродетонаторів, та параметри електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним і змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

Порядок розв'язання.

Розрахунок електропідривної мережі з послідовним з'єднанням ЕД при підриванні підривною машинкою зводиться до визначення загального опору мережі (R) і порівняння його з опором підривної машинки.

Загальний опір мережі дорівнює:

$$R = R_B + R_K + R_D + R_M + R_{ED} \times n \quad (3.1)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 30

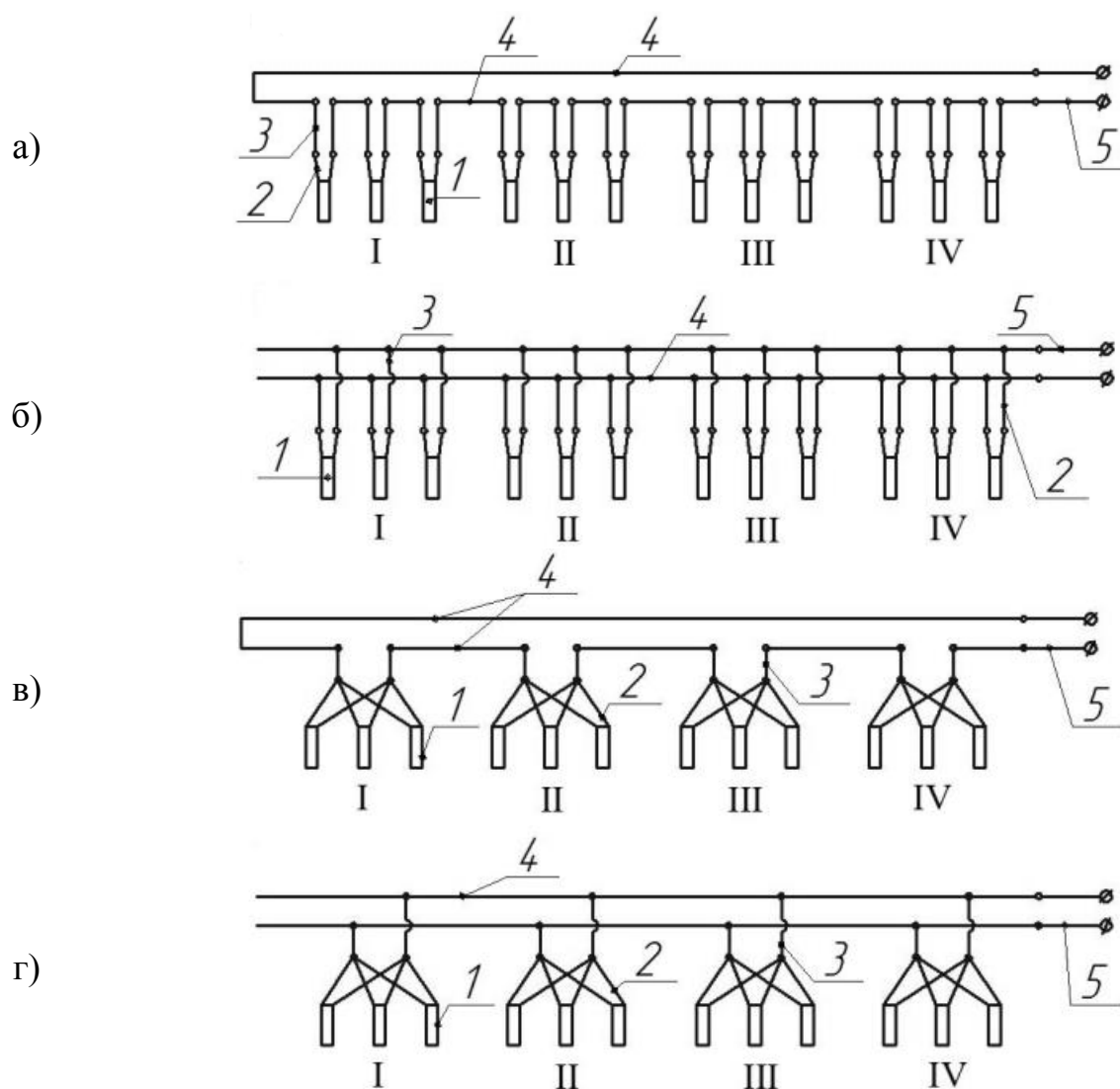


Рис.3.2. Схеми з'єднання електродетонаторів в електропідривної мережі. а) – послідовна; б) – паралельна; в) – змішана (паралельно-послідовна); г) – змішана (пучково-паралельна): I÷IV – номер гілки; 1 – електродетонатор; 2 - вивідні проводи; 3 – кінцеві проводи; 4 – дільничні проводи; 5 – магістральні проводи.

де R_B – опір вивідних проводів, Ом;
 R_K – опір кінцевих проводів, Ом;
 R_D – опір дільничних проводів, Ом;
 R_M – опір магістральних проводів, Ом;
 R_{ED} – опір електродетонатора, Ом;
 n – кількість електродетонаторів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 31

Вихідні дані:

Таблица 3.1

Вихідні дані для розрахунку електропідривної мережі з послідовним з'єднанням електродетонатора при підриванні підривною машинкою

Варіант	Марка підривної машинки	Марка електродетонатора	Кількість послідовно з'єднаних електродетонаторів	Загальна довжина вивідних проводів, м	Марка вивідних проводів	Загальна довжина кінцевих проводів, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів
1	КПМ-3	ЕД-8э	170	680	ЕВ	510	ЕВ	81	ВМВ	978	ПР-3000
2	ВМК-500	ЕД-8ж	360	1080	ЕП	1800	ЕП	60	ВМП	828	АПР-660
3	КВП-1/100М	ЕДКЗ-ОП	30	60	ЕВЖ	60	ЕВЖ	120	ВМВЖ	730	АПВ-380
4	ПІВ-100М	ЕДКЗ-1ПМ	42	126	ЕПЖ	168	ЕПЖ	78	ВМПЖ	892	ПР-3000
5	КПМ-3	ЕДКЗ-2ПМ	182	910	ЕВ	364	ЕВ	111	СПП-2	870	АПР-660
6	ВМК-500	ЕДКЗ-3ПМ	460	1840	ЕП	2300	ЕП	78	СПП-1	852	АПВ-380
7	КВП-1/100М	ЕДКЗ-4ПМ	50	150	ЕВЖ	150	ЕВЖ	84	ПВ-660	798	ПР-3000
8	ПІВ-100М	ЕДКЗ-5ПМ	40	80	ЕПЖ	80	ЕПЖ	72	ВМВ	676	АПР-660
9	КПМ-3	ЕДКЗ-6ПМ	160	480	ЕВ	320	ЕВ	96	ВМП	834	АПВ-380
10	ВМК-500	ЕДКЗ-7ПМ	200	800	ЕП	1000	ЕП	93	ВМВЖ	800	ПР-3000
11	КВП-1/100М	ЕДКЗ-1П	60	180	ЕВЖ	120	ЕВЖ	99	ВМПЖ	620	АПР-660
12	ПІВ-100М	ЕДКЗ-2П	30	120	ЕПЖ	150	ЕПЖ	93	СПП-2	978	АПВ-380
13	КПМ-3	ЕДКЗ-3П	150	450	ЕВ	750	ЕВ	63	СПП-1	888	ПР-3000
14	ВМК-500	ЕДКЗ-4П	58	116	ЕП	232	ЕП	99	ПВ-660	928	АПР-660
15	КВП-1/100М	ЕДКЗ-5П	60	180	ЕВЖ	180	ЕВЖ	72	ВМВ	892	АПВ-380
16	ПІВ-100М	ЕДЗД-7	86	344	ЕПЖ	430	ЕПЖ	120	ВМП	670	ПР-3000

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 32

Продовження таблиці 3.1

Варіант	Марка підвільної машинки	Марка електродетонагора	Кількість послідовно з'єднаних електродетонаторів	Загальна довжина вивідних проводів, м	Марка вивідних проводів	Загальна довжина кінцевих проводів, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів
17	КПМ-3	ЕДЗД-8	190	760	ЕВ	760	ЕВ	93	ВМВЖ	804	АПР-660
18	ВМК-500	ЕДЗД-9	280	560	ЕП	560	ЕП	90	ВМПЖ	896	АПВ-380
19	КВП-1/100М	ЕДЗД-10	80	400	ЕВЖ	400	ЕВЖ	102	СПП-2	820	ПР-3000
20	ПІВ-100М	ЕДЗД-11	20	60	ЕПЖ	60	ЕПЖ	69	СПП-1	734	АПР-660
21	КПМ-3	ЕДЗД-12	140	280	ЕВ	280	ЕВ	120	ПВ-660	680	АПВ-380
22	ВМК-500	ЕДЗД-13	750	1500	ЕП	1500	ЕП	69	ВМВ	966	ПР-3000
23	КВП-1/100М	ЕДЗД-14	50	250	ЕВЖ	200	ЕВЖ	117	ВМП	764	АПР-660
24	ПІВ-100М	ЕДЗД-15	74	370	ЕПЖ	296	ЕПЖ	84	ВМВЖ	658	АПВ-380
25	КПМ-3	ЕД-8э	56	112	ЕВ	112	ЕВ	90	ВМПЖ	714	ПР-3000

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 33

Для спрощення розрахунку, формулу можна записати в дещо іншому вигляді:

$$R = R_{В,Д,К,М} + R_{ЕД} \times n \quad (3.2)$$

де $R_{В,Д,К,М}$ – сумарне значення опору проводів електромережі:

$$R_{В,Д,К,М} = R_{В}L_{В} + R_{К}L_{К} + R_{Д}L_{Д} + R_{М}L_{М} \quad (3.3)$$

де $R_{В}$ – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м;

$R_{К}$ – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м;

$R_{Д}$ – опір одного метра дільничного проводу, Ом/м;

$R_{М}$ – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м;

$L_{В}$ – сумарна довжина вивідних проводів, м;

$L_{К}$ – сумарна довжина кінцевих проводів, м;

$L_{Д}$ – сумарна довжина дільничних проводів, м;

$L_{М}$ – сумарна довжина магістральних проводів, м.

Після розрахунку загального опору мережі, має виконуватись рівність:

$$R \leq R_{П.М.}$$

де $R_{П.М.}$ – опір підривної машинки, Ом.

В свою чергу, значення сили струму, що подається на один електродетонатор буде знаходитись як:

$$I = U/R \quad (3.4)$$

де U – напруга підривної машинки, В.

Таблиця 3.2

Характеристики електродетонаторів

№ з/п	Марка електродетонатора	Інтервал сповільнення між серіями, мс	Сповільнення з максимальними відхиленнями (час спрацювання), мс	Колір фарбування придонної ділянки гільзи	Опір електродетонатора, Ом
1	ЕД-8э	–	Миттєве	Не фарбується	3,8
2	ЕД-8ж	–	Миттєве	– // –	3,7
3	ЕДКЗ-ОП	–	4 ± 2	– // –	2,5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 34

Продовження таблиця 3.2

№ з/п	Марка електродетонатора	Інтервал сповільнення між серіями, мс	Сповільнення з максимальними відхиленнями (час спрацювання), мс	Колір фарбування придонної ділянки гільзи	Опір електродетонатора, Ом
4	ЕДКЗ-1ПМ	15	15 ± 7	Чорний	2,3
5	ЕДКЗ-2ПМ	15	30 ± 7	Червоний	3,5
6	ЕДКЗ-3ПМ	15	45 ± 7	Не фарбується	2,6
7	ЕДКЗ-4ПМ	15	60 ± 7	Зелений	2,0
8	ЕДКЗ-5ПМ	20	80 ± 10	Жовтий	3
9	ЕДКЗ-6ПМ	20	100 ± 10	Білий	3,1
10	ЕДКЗ-7ПМ	20	120 ± 10	Синій	2,5
11	ЕДКЗ-1П	25	25 ± 7	Чорний	3,7
12	ЕДКЗ-2П	25	50 ± 7	Червоний	2,9
13	ЕДКЗ-3П	25	75 ± 110	Не фарбується	3,8
14	ЕДКЗ-4П	25	100 ± 10	Зелений	3,4
15	ЕДКЗ-5П	25	125 ± 10	Жовтий	2,4
16	ЕДЗД-7	500	500 + 50 – 150	Жовтий	2,5
17	ЕДЗД-8	250	750 + 125 – 150	Рожевий	2,8
18	ЕДЗД-9	250	1000 + 300 – 75	Помаранчевий	2,1
19	ЕДЗД-10	500	1500 + 350 – 150	Голубий	2,5
20	ЕДЗД-11	500	2000 + 600 – 100	Світло-бузковий	3,7
21	ЕДЗД-12	2000	4000 ± 500	Білий	2,6
22	ЕДЗД-13	2000	6000 ± 600	Чорний	2,3
23	ЕДЗД-14	2000	8000 ± 900	Зелений	3,9
24	ЕДЗД-15	2000	10000 + 1600 – 800	Фіолетовий	2,5

Таблиця 3.3

Характеристики електропроводів

Марка проводу	Матеріал жили	Кількість жил	Діаметр жили, мм	Площа поперечного перерізу жили, мм ²	Опір 1 км проводу при температурі +20°C, Ом	Тип ізоляції	Призначення проводів	Маса 1 кг проводу
ЕВ	Мідь	1	0,5	0,2	100	Поліхлорвінілова	Вивідні та кінцеві	3,1
ЕП	Мідь	1	0,5	0,2	100	Поліетиленова	Вивідні та кінцеві	-
ЕВЖ	Сталь лужена	1	0,6	0,28	520	Поліхлорвінілова	Вивідні та кінцеві	4
ЕПЖ	Сталь лужена	1	0,6	0,28	520	Поліетиленова	Вивідні та кінцеві	-
ВМВ	Мідь	1	0,8	0,5	40	Поліхлорвінілова	Магістральні та дільничні	8,2
ВМП	Мідь	1	0,8	0,5	40	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 35

Продовження таблиця 3.3

Марка проводу	Матеріал жили	Кількість жил	Діаметр жили, мм	Площа поперечного перерізу жили, мм ²	Опір 1 км проводу при температурі +20°С, Ом	Тип ізоляції	Призначення проводів	Маса 1 кг проводу
ВМВЖ	Сталь оцинкована	1	1,2	1,13	140	Поліхлорвінілова	Магістральні та дільничні	14,3
ВМПЖ	Сталь оцинкована	1	1,2	1,13	140	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	-
СПП-2	Мідь	2	0,8	0,5	41	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	16,5
СПП-1	Мідь	1	0,8	0,5	39,5	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	8
ПВ-660	Мідь	1	1,1	1	18	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	16
ПР-3000	Мідь	1	1,4	1,5	12	Гумова	Магістральні	51
АПР-660	Алюміній	1	2,3	4	7,4	Гумова	Магістральні	34
АПВ-380	Алюміній	1	3,6	10	2,7	Поліхлорвінілова	Магістральні	52

Таблиця 3.4

Характеристики підривних машинок

Тип приладу	Напруга на конденсаторі, В	Основні розміри, мм	Маса з футляром, кг	Максимальний опір мережі при послідовному під'єднанні, Ом	Кількість послідовно з'єднаних ЕД яка підривається, шт	Первинне джерело струму
Індукторні підривні машинки						
КПМ-3	1600	172*86*120	2,3	600	200	Індуктор
ВМК-500	3000	280*165*165	11	2100	800	Індуктор
Батарейні підривні машинки						
КВП-1/100М	600	152*122*100	2	320	100	Три сухих елементи "Сатурн"
ПІВ-100М	600	195*126*95	2,7	320	100	Три сухих елементи "Сатурн"

Приклад виконання розрахунків:

Приклад розрахунку параметрів електропідривної мережі при використанні підривної машинки з послідовним з'єднанням електродетонаторів буде показаний

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 36

на основі наступних вихідних даних: марка підривної машинки – КМП-3; марка електродетонаторів – ЕД-8ж; кількість електродетонаторів у складі мережі – 80 шт; сумарна довжина вивідних проводів – 120 м; марка вивідних проводів – ЕВ; сумарна довжина кінцевих проводів – 160 м; марка кінцевих проводів – ЕВ; сумарна довжина дільничних проводів – 75 м; марка дільничних проводів – ВМВ; сумарна довжина магістральних проводів – 840 м; марка магістральних проводів – ПР-3000.

1. Виконуємо розрахунок загального опору мережі за спрощеною формулою:

$$R = R_{В,Д,К,М} + R_{ЕД} \times n$$

$$R = 41,08 + 2,7 \cdot 80 = 257,08 \text{ Ом}$$

де $R_{В,Д,К,М}$ – сумарне значення опору проводів електромережі:

$$R_{В,Д,К,М} = R_{В}L_{В} + R_{К}L_{К} + R_{Д}L_{Д} + R_{М}L_{М}$$

$$R_{В,Д,К,М} = 120 \cdot 0,1 + 160 \cdot 0,1 + 75 \cdot 0,4 + 840 \cdot 0,012 = 41,08 \text{ Ом}$$

де $R_{В}$ – опір одного метра вивідного проводу за таблицею 3.3, Ом/м;

$R_{К}$ – опір одного метра кінцевого проводу за таблицею 3.3, Ом/м;

$R_{Д}$ – опір одного метра дільничного проводу за таблицею 3.3, Ом/м;

$R_{М}$ – опір одного метра магістрального проводу за таблицею 3.3, Ом/м;

$L_{В}$ – сумарна довжина вивідних проводів за таблицею 3.1, м;

$L_{К}$ – сумарна довжина кінцевих проводів за таблицею 3.1, м;

$L_{Д}$ – сумарна довжина дільничних проводів за таблицею 3.1, м;

$L_{М}$ – сумарна довжина магістральних проводів за таблицею 3.1, м.

2. Після розрахунку загального опору мережі, має виконуватись рівність:

$$R \leq R_{П.М.}$$

$$257,08, \text{ Ом} \leq 600 \text{ Ом}$$

де $R_{П.М.}$ – опір підривної машинки за таблицею 3.4, Ом

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 37

3. Знаходимо значення сили струму, що подається на один електродетонатор:

$$I = U/R$$

$$I = 1600/257,08 = 6,22 \text{ A}$$

де U – напруга підривної машинки за таблицею 3.4, В.

3.2. Розрахунок електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової, або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним зі змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів

Завдання:

Розрахувати параметри електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним і змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

В таблиці 3.5, типи з'єднання заковані наступним чином: а – мережа з послідовним з'єднанням електродетонаторів; б – мережа з паралельним з'єднанням електродетонаторів; в – мережа зі змішаним паралельно-послідовним з'єднанням електродетонаторів; г – мережа зі змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

Спрощений розрахунок електропідривної мережі при підриванні від силової або освітлювальної мережі наступний: кожен ЕД або група ЕД при паралельному з'єднанні складає окрему гілку, яка з'єднується за допомогою проводів з джерелом струму.

При використанні послідовної (рис. 3.2, а) схеми з'єднання, опір окремої гілки буде знаходитись за формулою:

$$R_{\Gamma} = r_{\text{ЕД}} + r_{\text{В}} + r_{\text{К}} \quad (3.5)$$

Опір електродетонаторів у складі гілки буде знаходитись як добуток кількості електродетонаторів та значення опору одного електродетонатора:

$$r_{\text{ЕД}} = n_{\text{ЕД}} R_{\text{ЕД}} \quad (3.6)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 38

де $n_{\text{ЕД}}$ – кількість ЕД у складі однієї гілки;

$R_{\text{ЕД}}$ – опір одного ЕД, Ом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 39

Вихідні дані:

Таблиця 3.5

Вихідні дані для розрахунку електропідвної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним зі змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів

Варіант	Тип з'єднання	Марка електродетонатора	К-сть ЕД у складі однієї гілки	К-сть гілок	К-сть вивідних проводів у складі однієї гілки	Довжина одного вивідного проводу, м	Марка вивідних проводів	К-сть кінцевих проводів у складі однієї гілки	Довжина одного кінцевого проводу, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів	Напруга мережі, В
1	а	ЕД-8э	4	4	8	16	ЕВ	8	2	ЕВ	40	ВМВ	762	ПР-3000	320
2	б	ЕД-8ж	5	4	10	20	ЕП	10	4	ЕП	72	ВМП	606	АПР-660	320
3	в	ЕДКЗ-ОП	5	4	10	8	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	56	ВМВЖ	672	АПВ-380	320
4	г	ЕДКЗ-1ПМ	5	4	10	20	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	66	ВМПЖ	650	ПР-3000	320
5	а	ЕДКЗ-2ПМ	4	4	8	18	ЕВ	8	3	ЕВ	54	СПП-2	904	АПР-660	320
6	б	ЕДКЗ-3ПМ	5	4	10	8	ЕП	10	2	ЕП	54	СПП-1	914	АПВ-380	320
7	в	ЕДКЗ-4ПМ	3	4	6	14	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	52	ПВ-660	908	ПР-3000	320
8	г	ЕДКЗ-5ПМ	4	4	8	10	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	54	ВМВ	802	АПР-660	320
9	а	ЕДКЗ-6ПМ	5	4	10	18	ЕВ	10	4	ЕВ	58	ВМП	722	АПВ-380	320
10	б	ЕДКЗ-7ПМ	3	4	6	14	ЕП	6	2	ЕП	74	ВМВЖ	616	ПР-3000	320
11	в	ЕДКЗ-1П	3	4	6	16	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	62	ВМПЖ	746	АПР-660	320
12	г	ЕДКЗ-2П	4	4	8	12	ЕПЖ	2	2	ЕПЖ	58	СПП-2	670	АПВ-380	320
13	а	ЕДКЗ-3П	2	4	4	16	ЕВ	4	3	ЕВ	44	СПП-1	890	ПР-3000	320
14	б	ЕДКЗ-4П	3	4	6	12	ЕП	6	3	ЕП	70	ПВ-660	790	АПР-660	320
15	в	ЕДКЗ-5П	5	4	10	16	ЕВЖ	2	2	ЕВЖ	52	ВМВ	738	АПВ-380	320
16	г	ЕДЗД-7	5	4	10	16	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	60	ВМП	656	ПР-3000	320

Продовження таблиці 3.5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 40

Варіант	Тип з'єднання	Марка електродетонатора	К-сть ЕД у складі однієї гілки	К-сть гілок	К-сть вивідних проводів у складі однієї гілки	Довжина одного вивідного проводу, м	Марка вивідних проводів	К-сть кінцевих проводів у складі однієї гілки	Довжина одного кінцевого проводу, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів	Напруга мережі, В
17	а	ЕДЗД-8	3	4	6	20	ЕВ	6	3	ЕВ	58	ВМВЖ	914	АПР-660	320
18	б	ЕДЗД-9	3	4	6	10	ЕП	6	3	ЕП	60	ВМПЖ	626	АПВ-380	320
19	в	ЕДЗД-10	4	4	8	18	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	74	СПП-2	828	ПР-3000	320
20	г	ЕДЗД-11	5	4	10	12	ЕПЖ	2	4	ЕПЖ	74	СПП-1	844	АПР-660	320
21	а	ЕДЗД-12	4	4	8	14	ЕВ	8	3	ЕВ	52	ПВ-660	860	АПВ-380	320
22	б	ЕДЗД-13	2	4	4	8	ЕП	4	3	ЕП	50	ВМВ	854	ПР-3000	320
23	в	ЕДЗД-14	3	4	6	10	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	72	ВМП	604	АПР-660	320
24	г	ЕДЗД-15	2	4	4	16	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	50	ВМВЖ	678	АПВ-380	320
25	а	ЕД-8э	5	4	10	14	ЕВ	10	4	ЕВ	60	ВМПЖ	674	ПР-3000	320

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 41

Опір вивідних і кінцевих проводів в даному випадку знаходиться як добуток довжини проводу та опору даного проводу на один метр:

$$r_B = R_B L_B \quad (3.7)$$

$$r_K = R_K L_K$$

де R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м;

L_B – сумарна довжина вивідних проводів за формулою (3.8), м;

L_K – сумарна довжина кінцевих проводів за формулою (3.9), м.

$$L_B = n_{B_r} \cdot l_B \cdot n_r, \text{ м} \quad (3.8)$$

де n_{B_r} – кількість вивідних проводів у складі однієї гілки, шт;

l_B – довжина одного вивідного проводу, м;

n_r – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт.

$$L_K = n_{B_r} \cdot l_K \cdot n_r, \text{ м} \quad (3.9)$$

де n_{B_r} – кількість кінцевих проводів у складі однієї гілки, шт;

l_B – довжина одного кінцевого проводу, м;

n_r – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт.

При використанні **паралельної та змішаної пучково-паралельної (рис. 3.2, б і г)** схем з'єднання, опір окремої гілки буде знаходитись як:

$$R_r = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED_1}} + \frac{1}{R_{ED_2}} + \dots + \frac{1}{R_{ED_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K_1}} + \frac{1}{r_{K_2}} + \dots + \frac{1}{r_{K_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{B_1}} + \frac{1}{r_{B_2}} + \dots + \frac{1}{r_{B_n}}} \quad (3.10)$$

де R_{ED_n} – опір одного електродетонатора, Ом;

r_{B_n} – опір одного вивідного проводу згідно (3.11), Ом;

r_{K_n} – опір одного кінцевого проводу згідно (3.12), Ом.

$$r_{B_n} = l_B \cdot R_B \quad (3.11)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 42

де l_B – довжина одного вивідного проводу, м;

R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м.

$$r_{K_n} = l_K \cdot R_K \quad (3.12)$$

де l_K – довжина одного кінцевого проводу, м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м

При використанні змішаної **пучково-последовної** (рис. 3.2, в) схеми з'єднання, опір окремої гілки може бути знайдений як:

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED_1}} + \frac{1}{R_{ED_2}} + \dots + \frac{1}{R_{ED_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K_1}} + \frac{1}{r_{K_2}} + \dots + \frac{1}{r_{K_n}}} + r_B \quad (3.13)$$

де R_{ED} – опір одного електродетонатора, Ом;

r_B – загальний опір вивідних проводів згідно (3.14), Ом;

r_K – опір одного кінцевого проводу (3.16), Ом.

$$r_B = R_B L_B \quad (3.14)$$

де R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м;

L_B – сумарна довжина вивідних проводів згідно (3.15), м;

$$L_B = n_{B_{\Gamma}} \cdot l_B \cdot n_{\Gamma}, \text{ м} \quad (3.15)$$

де $n_{B_{\Gamma}}$ – кількість вивідних проводів у складі однієї гілки, шт;

l_B – довжина одного вивідного проводу, м;

n_{Γ} – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт.

$$r_{K_n} = l_K \cdot R_K \quad (3.16)$$

де l_K – довжина одного кінцевого проводу, м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м.

Опір всієї мережі буде рівний:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 43

$$R = r_M + r_D + \frac{1}{\frac{1}{R_{\Gamma_1}} + \frac{1}{R_{\Gamma_2}} + \dots + \frac{1}{R_{\Gamma_n}}} \quad (3.17)$$

де R_{Γ_n} – опір гілок мережі, Ом;

r_M – загальне значення опору магістральних проводів згідно (3.18), Ом;

r_D – загальне значення опору дільничних проводів згідно (3.19), Ом.

$$r_M = L_M \cdot R_M \quad (3.18)$$

де L_M – загальна довжина магістральних проводів, м;

R_M – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м.

$$r_D = L_D \cdot R_D \quad (3.19)$$

де L_D – загальна довжина магістральних проводів, м;

R_D – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м.

Сила струму у магістралі знаходитиметься як:

$$I_M = \frac{U}{R} \quad (3.20)$$

де U – напруга мережі, В.

Сила струму, що припадає на один електродетонатор:

$$I_{ED} = \frac{I_M}{n_{\Gamma} n_D} \quad (3.21)$$

При цьому має виконуватись умова: $I_{ED} \geq I_{ГАР}$.

де I_{ED} – струм в електродетонаторі, А;

$I_{ГАР}$ – гарантований струм (мінімально допустиме значення сили струму 2,5 А);

n_{Γ} – кількість гілок мережі, шт;

n_D – кількість електродетонаторів у гілці, шт.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 44

Приклад виконання розрахунків:

Приклад розрахунку параметрів електропідривної мережі при підриванні від силової або освітлювальної мережі буде показаний на основі наступних вихідних даних: тип з'єднання ЕД – паралельне; марка електродетонаторів – ЕДЗД-13; кількість ЕД у складі однієї гілки – 2 шт; кількість гілок у складі мережі – 4 шт; кількість вивідних проводів у складі однієї гілки – 4 шт; довжина одного вивідного проводу – 9 м; тип вивідних проводів – ЕП; кількість кінцевих проводів у складі однієї гілки – 3 шт; довжина одного кінцевого проводу – 4 м; тип кінцевих проводів – ЕП; загальна довжина дільничних проводів – 52 м; тип дільничних проводів – ВМВ; загальна довжина магістральних проводів – 870 м; тип магістральних проводів – ПР-3000; напруга мережі – 320В.

1. Знаходимо опір окремої гілки при використанні **паралельної** (рис. 3.2, б) схем з'єднання:

$$R_r = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED_1}} + \frac{1}{R_{ED_2}} + \dots + \frac{1}{R_{ED_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K_1}} + \frac{1}{r_{K_2}} + \dots + \frac{1}{r_{K_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{B_1}} + \frac{1}{r_{B_2}} + \dots + \frac{1}{r_{B_n}}}$$

$$R_r = \frac{1}{\frac{1}{2,3} + \frac{1}{2,3}} + \frac{1}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9}} + \frac{1}{\frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,4}} = 1,52 \text{ Ом}$$

де R_{ED_n} – опір одного електродетонатора, Ом;

r_{B_n} – опір одного вивідного проводу згідно (3.11), Ом;

r_{K_n} – опір одного кінцевого проводу згідно (3.12), Ом.

$$r_{B_n} = l_b \cdot R_B$$

$$r_{B_n} = 9 \cdot 0,1 = 0,9 \text{ Ом}$$

де l_b – довжина одного вивідного проводу згідно табл.3.5, м;

R_B – опір одного метра вивідного проводу згідно табл.3.3, Ом/м.

$$r_{K_n} = l_k \cdot R_K$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 45

$$r_{K_n} = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ Ом}$$

де l_K – довжина одного кінцевого проводу згідно табл.3.5, м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу згідно табл.3.3, Ом/м

2. Виконуємо розрахунок опору всієї мережі:

$$R = r_M + r_D + \frac{1}{\frac{1}{R_{\Gamma_1}} + \frac{1}{R_{\Gamma_2}} + \dots + \frac{1}{R_{\Gamma_n}}}$$

$$R = 10,44 + 2,08 + \frac{1}{\frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52}} = 12,9 \text{ Ом}$$

де R_{Γ_n} – опір гілок мережі, Ом;

r_M – загальне значення опору магістральних проводів згідно (3.18), Ом;

r_D – загальне значення опору дільничних проводів згідно (3.19), Ом.

$$r_M = L_M \cdot R_M$$

$$r_M = 870 \cdot 0,012 = 10,44 \text{ Ом}$$

де L_M – загальна довжина магістральних проводів згідно табл.3.5, м;

R_M – опір одного метра магістрального проводу згідно табл.3.3, Ом/м.

$$r_D = L_D \cdot R_D$$

$$r_D = 52 \cdot 0,04 = 2,08 \text{ Ом}$$

де L_D – загальна довжина магістральних проводів згідно табл.3.5, м;

R_D – опір одного метра магістрального проводу згідно табл.3.3, Ом/м.

3. Знаходимо значення сили струму у мережі:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 46

$$I_M = \frac{U}{R}$$

$$I_M = \frac{320}{12,9} = 24 \text{ A}$$

де U – напруга мережі (В) (таблиця 3.5).

4. Виконуємо розрахунок значення сили струму, що припадає на один електродетонатор:

$$I_{ED} = \frac{I_M}{n_r n_d}$$

$$I_{ED} = \frac{24}{4 \cdot 2} = 3 \text{ A}$$

При цьому має виконуватись умова: $I_{ED} \geq I_{GAR}$.

$$3 \text{ A} \geq 2,5 \text{ A}$$

де I_{ED} – струм в електродетонаторі, А;

I_{GAR} – гарантований струм (мінімально допустиме значення сили струму 2,5 А);

n_r – кількість гілок мережі згідно табл.3.5, шт;

n_d – кількість електродетонаторів у гілці згідно табл.3.5, шт.

Практична робота № 4. Побудова схеми ініціювання неелектричної мережі.

Мета роботи – проектування та складання схеми ініціювання неелектричної мережі.

Теоретичні відомості:

При проектуванні та монтажі систем типу "Імпульс" дуже важливим є дотримуватись правил техніки їх експлуатації. Послідовність спрацьовування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 47

мережі забезпечується за допомогою пристроїв УНС-ПА або УНС-П. Приклад монтажу показаний на рис. 8.1.

Вільні кінці хвилеводу закріплені в сполучних пристроях УНС-ПА або УНС-П. Як стартові пристрої використовуються УНС-ПА-0 або УНС-П-0 з уповільненням 0 мс.

Уповільнення між рядами забезпечується пристроями УНС-ПА-40 та УНС-П-40 з часом уповільнення 40 мс. При цьому свердловина першого ряду вибухне через 450 мс, другого ряду – через 490 мс, третього – через 530 мс і т.д.

До моменту вибуху ВР в свердловині першого ряду детонаційна хвиля досягне КД пристрою УНС-С-450, який знаходиться в свердловині одинадцятого ряду і КД пристрою УНС-ПА-40 або УНС-П-40, що знаходиться у свердловині дванадцятого ряду. Тому ризик пошкодження хвилеводу пристроїв УНС-ПА або УНС-П і УНС-С в результаті переміщення і розльоту гірської маси практично виключається.

Час поверхневих уповільнень за наявності внутрішньосвердловинних уповільнень може бути істотно збільшений. Для забезпечення високої ефективності вибуху ВР в свердловинах бойовики з пристроями УНС-С рекомендується розміщувати в донній частині заряду свердловини. Хвилевід системи не має бічного енерговиділення, тому вигорання свердловинного заряду або зниження його чутливості, що виникає при використанні детонуючого шнура, фактично виключається.

При веденні вибухових робіт в складних умовах (велика група свердловин, обводненість, використання низькочутливих ВР в свердловинних зарядах) здійснюється дублювання вибухової мережі. В свердловині розміщують два бойовики: перший – в донній частині заряду ВР, другий – в верхній частині. Для забезпечення "донного" ініціювання при дублюванні час уповільнення пристрою, який розміщений в верхній частині свердловини, має бути на один ступінь більше, ніж час уповільнення пристрою, який розміщений в донній частині свердловини. Ініціювання основного і дублюючого пристроїв УНС-С проводиться від одного пристрою УНС-ПА або УНС-П. Можна розміщувати в свердловині два бойовики з одним часом уповільнення пристроїв УНС-С. При цьому, щоб уникнути верхнього (прямого) ініціювання, верхній пристрій УНС-С під'єднується до замка пристрою УНС-ПА або УНС-П, який ініціює пізніше, ніж пристрій УНС-ПА або УНС-П, до якого приєднано нижній пристрій УНС-С. Стартовий пристрій УНС-ПА або УНС-П ініціюється від детонуючого шнура або ектродетонатора, капсуля-детонатора, пускового пристрою. Для виключення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 48

можливості пошкодження хвилеводу стартового пристрою осколками КД і ЕД останні мають накриватися картоном, щільним папером, ґрунтом і т.п.

Загальні правила монтажу системи "Імпульс" на земній поверхні наступні:

- довжина хвилеводу пристроїв УНС-ПА або УНС-П і УНС-С має вибиратися у відповідності з глибиною свердловин і розмірів сітки буріння з урахуванням того, що частина довжини хвилеводу використовується для з'єднань;
- пристрої УНС-ПА або УНС-П і УНС-С з пошкодженими хвилеводами до використання не допускаються;
- контроль усередині уповільнень свердловин має проводитися безпосередньо при заряджанні свердловин, оскільки в процесі заряджання маркування може бути пошкоджене;
- хвилеводи пристроїв УНС-ПА або УНС-П і УНС-С мають бути злегка натягнуті;
- з'єднувачі пристроїв УНС-П і УНС-ПА мають розташовуватися поблизу від свердловин, довжина активної частини хвилеводу (відрізок від місця ініціювання до капсуля-детонатора) повинна бути не менше 600 мм. Довжина пасивної частини хвилеводу (відрізок від місця ініціювання до вільного кінця) має бути не менше 80 мм;
- при використанні у поверхневій вибуховій мережі детонуючого шнура хвилеводи мають торкатися його тільки в місці ініціювання. З'єднання має здійснюватися за допомогою з'єднувача. При ініціюванні від детонуючого шнура хвилеводи стартових пристроїв УНС-П або УНС-ПА допускається з'єднувати у накладку;
- місце з'єднання хвилеводів, які ініціюють від стартових пристроїв з електродетонатором або капсулем-детонатором, необхідно прикривати шматком щільного паперу або картону, присипати піском або ґрунтом, прикопувати і т. п.

Завдання:

На основі вихідних даних (таблиця 8.1) спроектувати та побудувати схему ініціювання неелектричної мережі. На схемі показати виходи, для підключення мережі. Схему виконати на форматах стандартних розмір з рамкою основного напису 55 мм та з дотриманням стандартних масштабів у відповідності до ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. «Масштаби». Основну частину креслення (уступ, свердловини, пристрої УНС та ін.) виконати чорним кольором, а систему хвилеводів відокремити кольором (синім, зеленим, або червоним). Окрім цього, позначити послідовність ініціювання рядів та підписати сповільнення на кожному з рядів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 49

Вихідні дані

Таблиця 4.1

Вихідні дані для виконання завдання

Варіант	Спосіб позиціонування мережі	Кількість рядів свердловин	Кількість свердловин в одному ряді	Відстань між рядами свердловин	Відстань між свердловинами в ряду	Тип пристрою	Необхідне сповільнення, мс
1	Рядова поперечна	3	19	5,0	5,8	УНС-П-15	15
2	Рядова повздовжня	5	19	5,8	5,8	УНС-П-25	25
3	Діагональна	5	12	8,5	10,0	УНС-П-40	40
4	Трапецієвидна	4	19	12,2	12,2	УНС-П-65	65
5	Клинова	5	19	9,3	10,9	УНС-П-105	105
6	Зигзагоподібна	3	10	5,5	5,5	УНС-ПА-15	15
7	Обернена клинова	5	17	7,7	9,1	УНС-ПА-25	25
8	Обернена трапецієвидна	3	10	17,8	17,8	УНС-ПА-40	40
9	Рядова поперечна	3	17	5,1	6,0	УНС-ПА-65	65
10	Рядова повздовжня	5	15	12,4	12,4	УНС-ПА-105	105
11	Діагональна	3	19	5,9	7,0	УНС-П-15	15
12	Трапецієвидна	5	12	13,2	13,2	УНС-П-25	25
13	Клинова	5	17	10,4	12,2	УНС-П-40	40
14	Зигзагоподібна	3	14	7,4	7,4	УНС-П-65	65
15	Обернена клинова	3	12	4,1	4,8	УНС-П-105	105
16	Обернена трапецієвидна	5	14	13,3	13,3	УНС-П-40	40
17	Рядова поперечна	4	20	3,7	4,3	УНС-ПА-15	15
18	Рядова повздовжня	3	14	13,2	13,2	УНС-П-15	15
19	Діагональна	4	20	11,9	14,0	УНС-П-25	25
20	Трапецієвидна	4	15	12,5	12,5	УНС-ПА-40	40

Додаткові дані для виконання завдання

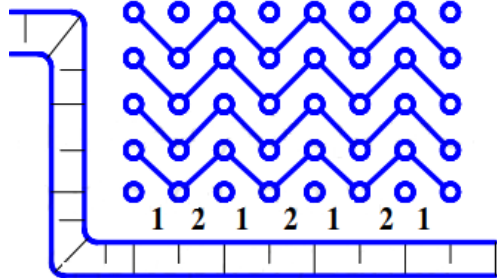
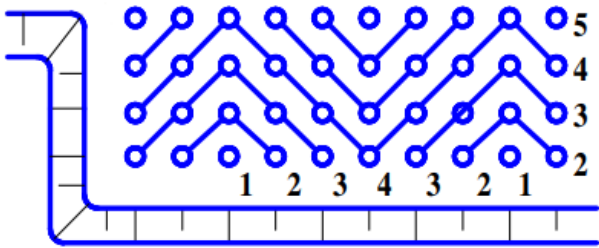
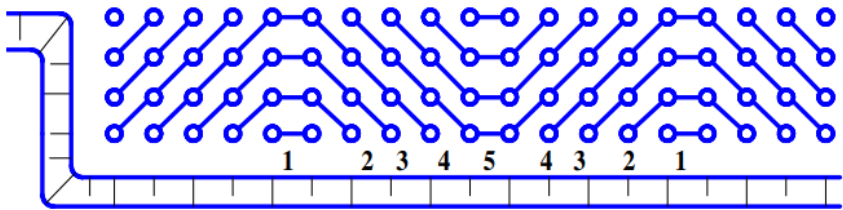
Таблиця 4.2

Перелік способів позиціонування мережі відносно сітки свердловин

№ з/п	Тип мережі	Назва
1		Рядна поперечна
2		Рядна повздовжня
3		Діагональна
4		Трапецієвидна
5		Клинова

Продовження таблиці 4.2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 51

№ з/п	Тип мережі	Назва
6		Зигзагоподібна
7		Обернена клинова
8		Обернена трапецієвидна

Таблиця 4.3

Технічні характеристики сповільнюючих пристроїв УНС-П та УНС-ПА

Тип пристрою	Номинальний час уповільнення, мс	Середньо квадратичне відхилення від номінального значення, мс не більше	Граничні значенні часу уповільнення, мс	Колір маркування капсуля детонатора і з'єднувача
УНС-П-0	0	–	0,1–3,0	Білий
УНС-П-15	15	2,0	11–19	Блакитний
УНС-П-25	25	2,5	20–30	Жовтий
УНС-П-40	40	3,5	33–47	Червоний
УНС-П-65	65	4,5	56–74	Зелений
УНС-П-105	105	5,0	95–115	Чорний
УНС-П-150	150	6,5	137–163	Сірий
УНС-П-200	200	8,0	184–216	Помаранчевий

Продовження таблиці 4.3

Тип пристрою	Номинальний час	Середньо квадратичне	Граничні	Колір маркування
--------------	-----------------	----------------------	----------	------------------

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 52

	уповільнення, мс	відхилення від номінального значення, мс не більше	значенні часу уповільнення, мс	капсюля детонатора і з'єднувача
УНС-ПА-0	0	–	0,1–3	білий
УНС-ПА-15	15	2,0	11–19	блакитний
УНС-ПА-25	25	2,5	20–30	жовтий
УНС-ПА-40	40	3,5	33–47	червоний
УНС-ПА-65	65	4,5	56–74	зелений
УНС-ПА-105	105	5,0	95–115	чорний
УНС-ПА-150	150	6,5	137–163	сірий
УНС-ПА-200	200	8,0	184–216	помаранчевий

Приклад виконання завдання

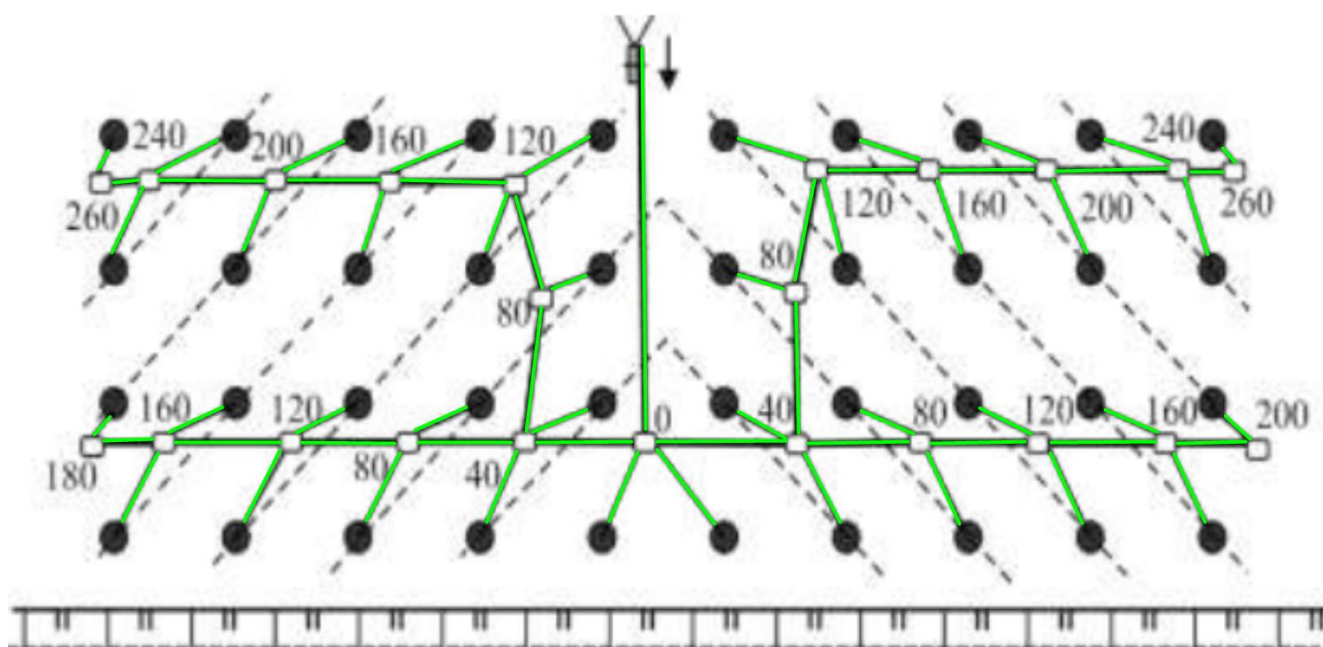


Рис. 4.1. Приклад схеми ініціювання неелектричною системою Імпульс

Практична робота № 5. Розрахунок мереж при веденні вибухових робіт ДШ.

Мета роботи – проектування та складання схеми ініціювання вибухової мережі за допомогою ДШ.

Вибухова мережа з ДШ має кілька схем з'єднання: паралельно-ступінчаста (рис. 5.1, а), послідовна (рис. 5.1, б), паралельно-пучкова, пучкова (рис. 5.1, в) та кільцева (рис. 5.1, г).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 53

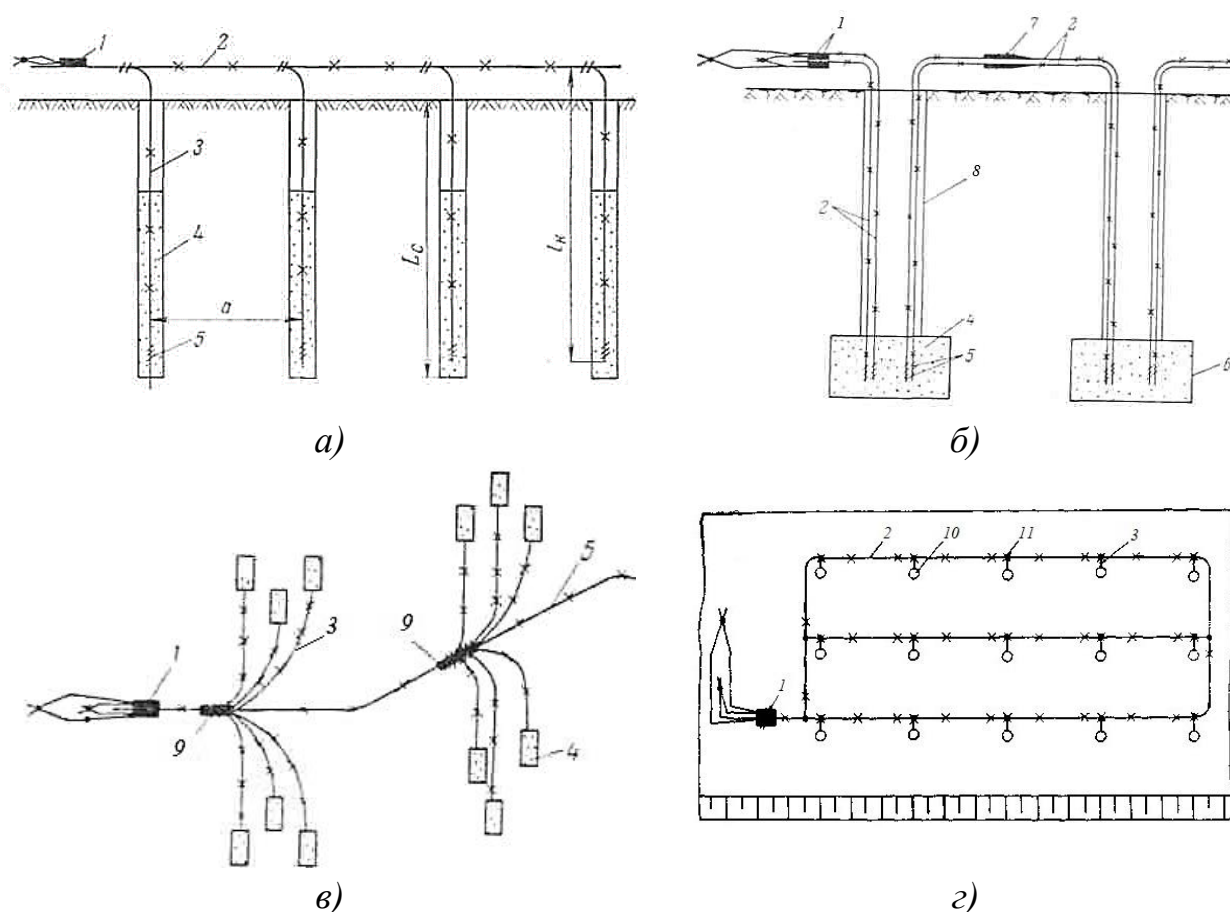


Рис.5.1. Схеми з'єднання відрізків ДШ: а) – паралельно-ступінчаста; б) – послідовна; в) – паралельно-пучкова; г) кільцева; 1 – електродетонатор; 2 – магістраль ДШ; 3 – кінцевий відрізок ДШ; 4 – заряд ВР; 5 – вузол ДШ; 6 – зарядна камера; 7 – зросток ДШ; 8 – шурф; 9 – пучок відрізків ДШ; 10 – сверловина; 11 – з'єднання ДШ морським вузлом; l_k – довжина кінцевого відрізка; L_c – глибина свердловини; a – відстань між свердловинами.

Розрахунок паралельно-ступінчастої вибухової мережі ДШ.

Довжина магістралі:

$$L_M = k_3 a N, \text{ м} \quad (5.1)$$

де k_3 - коефіцієнт запасу, що враховує витрату ДШ на слабину, з'єднання рядів зарядів, відрізків ДШ і КЗДШ і т. п. $k_3 = 1,05-1,15$. Для розрахунку в задачах прийнято середнє значення $k_3 = 1,10$;

a - відстань між зарядами, м;

N - число зарядів, що підриваються.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 54

Довжина кінцевих відрізків ДШ в свердловині:

$$l_{к.ш} = k_1 l_6, \text{ м} \quad (5.2)$$

де k_1 - коефіцієнт запасу, що враховує витрату ДШ на вузли, слабину, з'єднання з магістраллю і т. п., середнє значення $k_1 = 1,2$;

l_6 - відстань від поверхні уступу до бойовика (останнього вузла ДШ в заряді), м.

Витрата ДШ на паралельно-ступінчасту вибухову мережу:

– без дублювання

$$L_{ш} = k_3 aN + k_1 l_6 N = L_M + L_K, \text{ м} \quad (5.3)$$

– при повному дублюванні

$$L_{ш} = 2k_3 aN + 2k_1 l_6 N = 2(L_M + L_K), \text{ м} \quad (5.4)$$

– при дублюванні тільки кінцевиків

$$L_{ш} = k_3 aN + 2k_1 l_6 N, \text{ м} \quad (5.5)$$

– при дублюванні тільки магістралі

$$L_{ш} = 2k_3 aN + k_1 l_6 N, \text{ м} \quad (5.6)$$

При одночасному ініціюванні заряду знизу і зверху кінцеві відрізки ДШ не дубльовані. Незалежно від глибини свердловини витрата ДШ при двоточковому ініціюванні визначається за формулою

$$L_{ш} = k_3 aN + k_1 N(l_{16} + l_{26}), \text{ м} \quad (5.6)$$

де l_{16} і l_{26} - довжина відрізків ДШ у верхнього і нижнього бойовиків, м.

Розрахунок послідовної вибухової мережі ДШ.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 55

Витрата ДШ на монтаж дубльованої послідовної вибухової мережі ДШ визначається за формулою

$$L_{ш} = 4k_1 l_6 N + 2k_3 a (N - 1), \text{ м} \quad (5.7)$$

де l_6 – відстань від поверхні землі до бойовика (останнього вузла ДШ), м.
Значення k_3 визначається за формулою (5.1), k_1 - за формулою (5.2).

Розрахунок паралельно-пучкової вибухової мережі ДШ.

Довжина магістралі при паралельно-пучковому з'єднанні визначається за формулою

$$L_{м} = k_2 a_{п} n_{п}, \text{ м} \quad (5.8)$$

де k_2 - коефіцієнт непрямолінійності магістралі. Залежно від розташування зарядів $k_2 = 1,3-1,5$;

$a_{п}$ - відстань між пучками ДШ на магістралі, м;

$n_{п}$ - число пучків ДШ на магістралі.

Витрата ДШ в паралельно-пучкової вибухової мережі визначається за формулою

$$L_{ш} = L_{м} + L_{к} = k_2 a_{п} n_{п} + n_{к} m_{к} l_{к}, \text{ м} \quad (5.9)$$

Розрахунок кільцевої вибухової мережі ДШ.

Магістраль в кільцевої вибуховий мережі не дублюється. Довжина магістралі в кільцевої вибухової мережі визначається за формулою

$$L_{м} = k_3 (aN + bn_p), \text{ м} \quad (5.10)$$

де b - відстань між рядами зарядів, м;

n_p - число, що підривають рядів.

Витрата ДШ на кільцеву вибухову мережу

$$L_{ш} = k_3 (aN + bn_p) + l_{к} N, \text{ м} \quad (5.11)$$

Довжина кінцевих відрізків залежить від глибини розташування і числа бойовиків (вузлів) ДШ в заряді.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 56

Завдання:

Для підривання трьох рядів свердловинних зарядів використовується кільцева підривна мережа ДШ. В кожному ряду N свердловин. В заряді розміщується по два бойовика: $l_{1\delta} = 8$ м, $l_{2\delta} = 16$ м. Відстань між свердловинами в ряду $a = 9$ м, між рядами свердловин $b = 7,5$ м. Визначити витрату ДШ для даної кільцевої підривної мережі.

Таблиця 6.1

Вихідні данні для розрахунку

№ варіанту	N	$l_{1\delta}$, м	$l_{2\delta}$, м	a , м	b , м
1	7	8	16	7	7
2	8	9	17	8	8
3	9	10	18	9	9
4	10	11	19	10	10
5	11	12	20	11	11
6	12	8	16	12	12
7	13	9	17	7	7
8	14	10	18	8	8
9	15	11	19	9	9
10	16	12	20	10	10
11	17	8	16	11	11
12	18	9	17	12	12
13	19	10	18	7	7
14	20	11	19	8	8
15	21	12	20	9	9
16	22	8	16	10	10
17	23	9	17	11	11
18	24	10	18	12	12
19	25	11	19	7	7
20	26	12	20	8	8
21	27	8	16	9	9
22	28	9	17	10	10
23	29	10	18	11	11
24	30	11	19	12	12
25	31	12	20	8	8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 57

Практична робота № 6. Визначення безпечних відстаней та часу уповільнення між свердловинними зарядами.

Мета роботи – навчитися визначати безпечні відстані та час уповільнення між свердловинними зарядами.

Величина розрахункової лінії опору для одиночної свердловини визначається за формулою

$$W_p = 24d \sqrt{\frac{\Delta}{q}}, \text{ м} \quad (6.1)$$

де d - діаметр заряду, який визначається за місткістю, м.

При серійному уповільненого відривання значення.

$$W_1 = W_p (1,6 - 0,5m), \text{ м} \quad (6.2)$$

де $m = 0,8 \div 1,4$ відносна відстань між зарядами.

При багаторядному уповільненого відривання відстань між рядами

$$b = (0,85 \div 1,0) W_1, \text{ м} \quad (6.3)$$

Вага свердловинного заряду визначається з по місткості зарядженої частини свердловини

$$Q = (L_c - l_{\text{заб}}) p, \text{ кг} \quad (6.4)$$

де L_c - глибина свердловини, м;

$l_{\text{заб}}$ - довжина набійки в свердловині, м;

p - місткість 1 м свердловини, кг.

$$l_{\text{заб}} = (15 \div 30) \quad (6.5)$$

Час уповільнення між вибухом зарядів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 58

$$t = A_3 W_1, \text{ мс} \quad (6.6)$$

де A_3 - коефіцієнт, що залежить від міцності порід; орієнтовні значення його вказані в табл. 6.1.

При необхідності управління шириною і формою розвалу час уповільнення визначається за формулою

$$t = (1,5 \div 2) A_3 W_1, \text{ мс} \quad (6.7)$$

Таблиця 6.1

Міцність порід	Породи	Значення коефіцієнта A_3
Особо міцні	Граніт, перидотит, сульфідні міцні руди	3
Міцні	Аркозові піщаники, метаморфічні міцні сланці, залізисті кварцити	4
Середньої міцності	Вапняк, мрамур, магнезит, філітове сланці, серпентиніт	5
М'які	Мергель, крейда, глинисті сланці, кам'яне вугілля	6

Завдання. Згідно варіанту (див. табл. 6.2) визначити параметри розташування зарядів і інтервал уповільнення при підриванні свердловинних зарядів.

Приклад. Визначити параметри розташування зарядів і інтервал уповільнення при підриванні свердловинних зарядів $d = 115$ мм в залізистих кварцитів.

Щільність заряджання $\Delta = 0,9$ кг/дм³, питома витрата ВР $q = 0,6$ кг/м³, відносне відстань між зарядами $m = 1,0$. Вісім свердловин, що підриваються, розташовані в один ряд. В якості нульової групи використовують електродетонатори ЕД-8-Е.

Таблиця 6.2

Вихідні данні для розрахунку

№ варіанту	d , мм	Δ , кг/дм ³	q , кг/м ³	m	Кількість свердловин	Порода
1	100	0,9	0,5	0,8	5	Серпентин

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 59

2	100	0,8	0,4	0,85	6	Мармур
3	100	0,95	0,55	0,9	7	Магнезит
4	100	1,0	0,6	1,0	8	Вапняк
5	100	1,2	0,65	1,1	9	Аркозовий піщаник
6	115	1,25	0,7	1,2	10	Залізистий кварцит
7	115	1,3	0,75	0,8	5	Перидотит
8	115	1,35	0,8	0,9	6	Граніт
9	115	1,4	0,9	1,0	4	Сульфідна руда
10	115	0,9	0,5	0,85	3	Серпентин
11	150	0,8	0,4	0,95	5	Мармур
12	150	0,95	0,55	0,8	8	Магнезит
13	150	1,0	0,6	0,95	9	Вапняк
14	150	1,2	0,65	1,1	7	Аркозовий піщаник
15	150	1,25	0,7	1,0	10	Залізистий кварцит
16	170	1,3	0,75	1,2	8	Перидотит
17	170	1,35	0,8	0,9	5	Граніт
18	170	1,4	0,9	0,8	6	Сульфідна руда
19	170	0,9	0,5	1,0	7	Серпентин
20	200	0,8	0,4	1,1	5	Мармур
21	200	0,95	0,55	0,8	8	Магнезит
22	200	1,0	0,6	0,9	9	Вапняк
23	200	1,2	0,65	0,8	10	Аркозовий піщаник
24	230	1,25	0,7	1,0	8	Залізистий кварцит
25	230	1,3	0,75	1,2	9	Перидотит

Рішення.

1. Складаємо принципову схему розташування зарядів і електропідривної мережі (рис. 6.1, а).

2. За формулою (6.1) визначаємо величину лінії опору. для одиночної свердловини

$$W_p = 24 \cdot 0,115 \sqrt{\frac{0,9}{0,6}} = 3,36 \text{ м}$$

3. Для серійного підривання величину лінії опору визначаємо за формулою (6.2)

$$W_1 = 3,36(1,6 - 0,5 \cdot 1,0) = 3,7 \text{ м}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 60

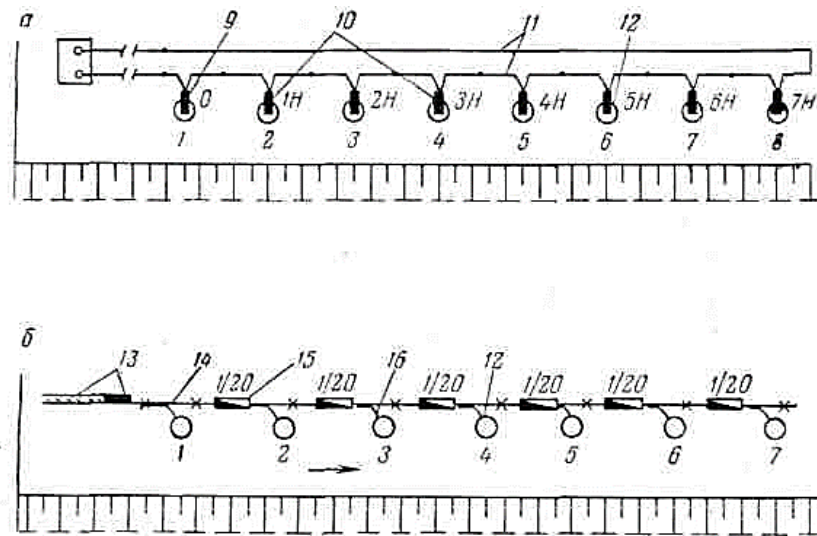


Рис. 6.1. Схеми однорядного послідовного уповільненого підривання: а - електричного; б - детонаційним шнуром: 1-8 - послідовність підривання зарядів в ряду; 9 - ЕД нульової групи; 10 - ЕДКЗ; 11 - дроти електропідривної мережі; 12 - свердловина; 13 - запалювальна трубка; 14 - магістраль ДШ; 15 - КЗДШ-58; 16 - кінцевий відрізок ДШ

4. За формулою (6.6) знаходимо інтервал уповільнення між свердловинними зарядами

$$t = A_3 W_1 = 4 \cdot 3,7 = 14,8 \text{ мс}$$

Приймаємо $t = 15 \text{ мс}$.

5. Відстань між зарядами

$$a = m W_1 = 1 \cdot 3,7 = 3,7 \text{ м}$$

6. За табл. 6.3 і умовою завдання приймаємо для уповільненого підривання електродетонатори: нульова група ЕД-8-Е - 1 шт; марки ЕДКЗ-15:1Н - 15 мс; 2Н - 30 мс; 3Н - 45 мс; 4Н - 60 мс; 5Н - 75 мс; 6Н - 90 мс; 7Н - 105 мс по 1 шт.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 61

Таблиця 6.3

Марка електродетонатора	Інтервал уповільнення, мс	Позначення на схемі або бирці	Марка електродетонатора	Інтервал уповільнення, мс	Позначення на схемі або бирці
ЭДКЗ	25	1	ЭДКЗ-ПМ-15	75	5ПМ
»	50	2	»	90	6ПМ
»	75	3	»	105	7ПМ
»	100	4	»	120	8ПМ
»	150	5	ЭДЗ-Н	15	Ш
»	250	6	»	30	2Н
ЭДКЗ-15	15	1Н	»	45	3Н
»	30	2Н	»	60	4Н
»	45	3Н	»	75	5Н
»	60	4Н	»	90	6Н
»	75	5Н	»	120	8Н
»	90	6Н	»	135	9Н
»	105	7Н	»	150	ЮН
»	120	8Н	»	175	11Н
ЭДКЗ-	25	Ш	»	225	13Н
»	50	2П	»	250	14Н
»	75	3П	»	275	15Н
»	100	4П	»	300	16Н
ЭДКЗ-	15	1ПМ	»	350	17Н
»	30	2ПМ	»	400	18Н
»	45	3ПМ	»	450	19Н
»	60	4ПМ	»	500	20Н

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець В.Г. Руйнування гірських порід вибухом : навч. посібник / В.Г. Кравець, В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко. Житомир : ЖДТУ, 2012. 328 с.
2. Руйнування гірських порід і промислова сейсміка [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.В. Коробійчук, В.Г. Кравець, В.В. Бойко, В.В. Вапнічна, С.І. Башинський.. Електронні текстові дані (1 файл: 16,52 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 400 с.
3. Закусило Р. В., Кравець В. Г., Коробійчук В. В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2011. 212 с.
4. Кравець В. Г., Коробійчук В. В., Бойко В. В. Фізичні процеси прикладної геодинаміки вибуху : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2015. 408 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/4/184.00.1/МБ/ОК16- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 62 / 62

5. Коробійчук В.В., Соколовський В.О., Іськов С.С. Руйнування гірських порід та безпека вибухових робіт : підручник. Житомир : ЖДТУ, 2019. 342 с.
6. Кутузов Б.Н. Взрывные работы: Учебник для техникумов. - 3 изд., перераб. и доп. М. : Недра. 1988. 383с.
7. Коробійчук В.В. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з предмету "Руйнування гірських порід та безпека вибухових робіт" для студентів спеціальності 184 Гірництво. Житомир: РВВ Житомирська політехніка, 2020. 42 с.
8. Коробійчук В.В. Методичні рекомендації для теоретичного та самостійного вивчення дисципліни здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни «Руйнування гірських порід та безпека вибухових робіт» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 184 Гірництво. Житомир : Житомирська політехніка, 2021. – 15 с.
9. Ефремов Э.И., Вовк А. А. Справочник по взрывны работам. К : Наукова думка, 1983. 325 с.
10. Гуцин В.И. Взрывные работы на карьерах. М., "Недра", 1975. 248 с.
11. Ржевский В. В. Открытые горные разработки, ч. 1. М. : Недра, 1985. 509 с.
12. Бакка М.Т., Кузьменко О.Х., Сачков Л.С. Видобування природного каменю. Част. 2: Навч. посібник. К. : ІСДО, 1994. 448 с.
13. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. I. Производственные процессы. М. : Недра, 1985. 510 с.
14. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть 1. Технология, механизация и автоматизация производственных процессов на открытых горных работах / Новожилов М.Г., Кучерявый Ф.И., Хохряков В.С., Тартаковский Б.Н., Эскин В.С., Селянин В.Г. М. : Недра, 1971. 512 с.