



—

022-222
198

В.И.ГУЩИН

ЗАДАЧНИК ПО ВЗРЫВНЫМ РАБОТАМ

*Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебного пособия для профессионального
обучения рабочих на производстве*

1302

Якутский
ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МОСКВА "НЕДРА" 1990

ББК 33.133
Г 98
УДК 622.235 (076.1)

Рецензенты: *Б.М. Усан-Подгорнов, Б.Н. Кутузов*

Г 2502010300 – 237 235 – 90
043 (01) – 90

© В.И. Гушин, 1990

ISBN 5-247-01453-7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Качество подготовки взрывников в значительной мере зависит от уровня освоения теории взрывного дела. Решение задач и примеров по взрывным работам как при групповом, так и при индивидуальном обучении способствует более глубокому овладению теоретического курса и квалифицированному использованию полученных знаний на практике.

При подготовке задачника учтены квалификационные требования к профессии взрывника, установленные "Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих".

Для решения задач и примеров в задачнике рекомендованы формулы, проверенные практикой взрывных работ и приведенные в справочниках, правилах и другой литературе по взрывному делу. Справочные данные в необходимом объеме приведены в таблицах, графический материал представлен применительно к типовым условиям производства взрывных работ. Некоторые величины (удельный расход ВВ, показатель простреливаемости грунтов и др.), имеющие интервал значений, в задачнике для удобства пользования имеют только одно значение, соответствующее характеристике взрываемых грунтов и условиям задачи.

Ответы к некоторым примерам и задачам имеют приближенное значение в пределах допустимой погрешности. Значительное внимание в книге уделено решению типовых примеров.

Задачник может использоваться при подготовке взрывников для производства взрывных работ на открытых горных работах, в дорожном, гидротехническом и специальном строительстве, а также в других отраслях промышленности.

Автор выражает признательность Л.В. Гаврильченко (Щелковское РУ) и Н.Н. Чурикову (трест Нефтегазвзрывпромстрой) за содействие в подготовке и выпуске задачника.

Глава I

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Полная характеристика взрывчатого вещества (ВВ) содержит свыше тридцати параметров, значительная часть которых представляет интерес для специалистов по разработке и производству ВВ. В данной главе даны примеры и задачи по определению основных параметров ВВ, имеющих практическое значение при выборе ВВ и производстве взрывных работ. К ним относятся кислородный баланс, теплота, давление и объем газов взрыва, работоспособность, бризантность, чувствительность, скорость детонации, плотность. Первые четыре параметра ВВ определяются расчетным путем, остальные — экспериментальным.

§ 1. Расчет кислородного баланса, объема и давления газообразных продуктов взрыва

Расчет кислородного баланса. Кислородный баланс — соотношение между количеством кислорода, фактически содержащегося в составе данного ВВ, и тем его количеством, которое необходимо для полного окисления всех горючих компонентов, входящих в состав этого ВВ.

Рассчитывают кислородный баланс (%) по формулам:
для индивидуальных (однородных) ВВ

$$K_6 = 100A_r/M, \quad (1.1)$$

где K_6 — кислородный баланс ВВ, %; A_r — грамм-атомная масса избытка или недостатка кислорода в составе данного ВВ, г; M — грамм-молекулярная масса данного ВВ, г (табл. 1).

Для смесевых (многокомпонентных) ВВ, при известных величинах кислородного баланса составных частей

$$K_6 = \frac{P_1 (+K_{6.п}) + P_2 (-K_{6.о})}{100} \quad (1.2)$$

где P_1, P_2 — содержание компонентов соответственно с положительным и отрицательным кислородным балансом в составе данного ВВ, %; $+K_{6.п}$ — значение положительного кислородного баланса, %; $-K_{6.о}$ — значение отрицательного кислородного баланса, %.

Пример 1. Определить кислородный баланс тротила, имеющего химическую формулу $C_7H_5(NO_2)_3$.

Решение 1. Находим в табл. 1 грамм-молекулярную массу тротила $M = 227$.

2. Определяем требуемое число атомов кислорода K_T для полного

Таблица 1

Вещество	Химическая формула	Молекулярная масса, М, г	Кислородный баланс К _г , %
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	80	+ 20
Калиевая селитра	KNO ₃	101	+ 39,6
Натриевая селитра	NaNO ₃	85	+ 47
Перхлорат калия	KClO ₄	138,5	+ 46,2
Перхлорат натрия	NaClO ₄	122,5	+ 52,2
Нитроглицерин	C ₃ H ₅ (ONO ₂) ₃	227	+ 3,5
Нитрат кальция	Ca(NO ₃) ₂	164	+ 48,8
Динитроглицерин	C ₂ H ₄ (ONO ₂) ₂	152	0
Тротил	C ₂ H ₅ (NO ₂) ₃	227	- 74
Алюминий	Al	27	- 89
Минеральные масла	C ₁₂ H ₂₈	170,5	- 346
Дизельное топливо	-	-	- 316
Керосин	-	-	- 343
Парафин твердый	C ₂₄ H ₅₀	338,5	- 346
Древесная мука	C ₁₅ H ₂₂ O ₁₀	362	- 137
Гексоген	C ₃ H ₆ O ₆ N ₆	222	- 21,6
Тэн	C ₃ H ₈ O ₆ N ₄	316	- 10,1
Пироксилин (нитро-клетчатка)	C ₂₄ H ₂₉ N ₁₁ O ₄₂	1143	- 28,6
Динитронафталин	C ₁₀ H ₆ (NO ₂) ₂	218	- 139,4

окисления атомов углерода в углекислоту и атомов водорода в воду

$$K_T = 2C_7 + 0,5H_5 = 2 \cdot 7 + 0,5 \cdot 5 = 16,5.$$

3. Определяем грамм-атомную массу избытка или недостатка кислорода в составе тротила

$$A_r = (K_B - K_T) 16 = (6 - 16,5) 16 = - 168 \text{ г}, \quad (1.3)$$

где K_B – число атомов кислорода, содержащегося во взрывчатом веществе (тротиле); 16 – грамм-атомная масса кислорода.

4. По формуле (1.1) определяем кислородный баланс тротила

$$K_B = 100A_r/M = - 100 \cdot 168/227 = - 74 \text{ \%}.$$

Тротил имеет отрицательный кислородный баланс.

Пример 2. Определить кислородный баланс граммнита 79/21, содержащего 79 % аммиачной селитры и 21 % тротила.

Решение. 1. В табл. 1 значение кислородного баланса составных частей, который составляет у аммиачной селитры $K_{б.л} + 20 \text{ \%}$, у тротила $K_{б.о} - 74 \text{ \%}$.

2. На основе полученных данных определяем по формуле (1.2)

кислородный баланс граммонита 79/21

$$K_6 = \frac{P_1 (+K_{6.п}) + P_2 (-K_{6.о})}{100} = \frac{79(+20) + 21(-74)}{100} =$$
$$= +0,26\%$$

Определить кислородный баланс смесевых ВВ можно также по доле-
вому содержанию вещества с положительным и отрицательным значения-
ми K_6 , входящих в состав ВВ,

$$K_6 = m_1 (+K_{6.п}) + m_2 (-K_{6.о}), \quad (1.4)$$

где m_1, m_2 — составная часть ВВ соответственно с положительным и
отрицательным кислородным балансом, в долях единицы.

Пример 3. Определить кислородный баланс граммонита 50/50,
содержащего 50 % аммиачной селитры и 50 % тротила.

Решение. 1. В табл. 1 находим значение кислородного баланса,
который для тротила составляет -74% , для аммиачной селитры $+20\%$.

2. По формуле (1.4) определяем кислородный баланс граммонита
50/50

$$K_6 = m_1 (+K_{6.п}) + m_2 (-K_{6.о}) = 0,5(+20) + 0,5(-74) = -27\%$$

При известном кислородном балансе компонентов, входящих в
состав ВВ, можно определить и требуемое их соотношение. При подго-
товке простых ВВ (игданитов, акватолов и др.) на карьере подбор их
состава должен обеспечивать кислородный баланс близкий к ну-
левому.

Расчет выполняют по формулам (1.5) — (1.7)

$$N_1 = -K_{6.о} / +K_{6.п}, \quad (1.5)$$

где N_1 — число весовых частей веществ с $K_{6.п}$, требуемых для полного
окисления одной части веществ с $K_{6.о}$.

Содержание (%) вещества с отрицательным кислородным балансом
определяется по формуле

$$P_2 = 100 / (1 + N_1). \quad (1.6)$$

Содержание (%) вещества с положительным кислородным балансом
определяется по формуле

$$P_1 = 100 - P_2. \quad (1.7)$$

Пример 4. Определить содержание (%) аммиачной селитры и дизель-
ного топлива для получения игданита с нулевым кислородным балансом.

Решение. 1. Находим в табл. 1 значения кислородного баланса:
для дизельного топлива -316% , для аммиачной селитры $+20\%$. По фор-

муле (1. 5) находим число весовых частей аммиачной селитры, требуемых для полного окисления одной части дизельного топлива

$$N_1 = -K_{6,0} / + K_{6,л} = -316 / + 20 = 15,8.$$

При делении знак минус не учитывается. На одну весовую часть дизельного топлива требуется 15,8 частей аммиачной селитры.

2. По формуле (1. 6) определяем содержание (%) дизельного топлива в игданите с нулевым кислородным балансом

$$P_2 = 100 / (1 + N_1) = 100 / (1 + 15,8) = 5,95 \%$$

3. Содержание аммиачной селитры находим по формуле (1. 7)

$$P_1 = 100 - P_2 = 100 - 5,95 = 94,05 \%$$

Задача 1. Определить кислородный баланс калиевой селитры.

Задача 2. Определить кислородный баланс тэна, имеющего химический состав $C_5H_8O_{12}N_4$ и грамм-молекулярную массу $M=316$.

Задача 3. Определить кислородный баланс граммонита 30/70, содержащего 30% аммиачной селитры и 70% тротила.

Задача 4. Гранулит АС-8 содержит 89% аммиачной селитры, 8% алюминиевой пудры и 3% минерального масла. Определить кислородный баланс гранулита АС-8.

Задача 5. Определить кислородный баланс аммонита скального № 1, содержащего 66% аммиачной селитры, 5% тротила, 24% гексогена, 5% алюминиевой пудры.

Задача 6. Октоген, имеющий кислородный баланс - 21,6% входит в состав взрывчатой смеси, содержащей 43% калиевой селитры и 57% октогена. Определить кислородный баланс данной взрывчатой смеси.

Задача 7. Определить кислородный баланс угленита 5, содержащего 14% аммиачной селитры, 10% нитрогликоля, 75% хлористого натрия и 1% древесной муки.

Задача 8. Определить содержание (%) алюминия и аммиачной селитры для получения взрывчатой смеси с нулевым кислородным балансом.

Расчет объема и давления газообразных продуктов взрыва. Давление газообразных продуктов взрыва зависит от их объема и температуры. Удельный объем газов взрыва V_0 , образующихся при взрыве 1 кг ВВ (л/кг), приведенный к нормальным условиям [температура $0^\circ C$ и давление $1,01 \cdot 10^5$ Па (760 мм рт. ст.)] определяют по формуле

$$V_0 = \frac{22,4 (n_1 + n_2 + \dots + n_n) 1000}{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_n M_n} \quad (1. 8)$$

где n_1, n_2, \dots, n_n - число грамм-молекул газообразных продуктов взрыва (табл. 2); m_1, m_2, \dots, m_n - число грамм-молекул составных частей ВВ (см. табл. 2); M_1, M_2, \dots, M_n - грамм-молекулярная масса составных частей (см. табл. 1).

Таблица 2

Взрывчатое вещество	Реакция взрывчатого разложения	Теплота взрыва, кДж/кг	Удельный объем газов взрыва V_0 , л/кг	Температура взрыва t , °C
Аммиачная селитра	$2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + \text{O}_2$	1425	980	1950
Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6 = 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO} + 3\text{N}_2$	5700	890	3800
Динитронафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO}_2)_2 = \text{CO} + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + 9\text{C}$	2500	750	2500
Нитроглицерин	$4\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 = 12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 6\text{N}_2 + \text{O}_2$	6535	715	4100
Динитроглицерин	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$	7120	738	4200
Тротил	$2\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3 = 5\text{H}_2\text{O} + 7\text{CO} + 7\text{C} + 3\text{N}_2$	3455	750	2950
Тэн	$\text{C}_5\text{H}_8(\text{ONO}_2)_4 = 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2 + 2\text{CO} + 2\text{N}_2$	5950	790	4000
Аммонит 6ЖВ	$9,88\text{NH}_4\text{NO}_3 + 0,925\text{C}_7\text{H}_5 = 6,48\text{CO}_2 + 22,07\text{H}_2\text{O} + 11,26\text{N}_2 + 0,08\text{O}_2$	4312	905	2850

Объем газообразных продуктов взрыва при постоянном давлении и любой температуре газов определяется по формуле

$$V_r = qV_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right), \quad (1.9)$$

где q – масса заряда ВВ, кг; t – температура газов взрыва, °C.

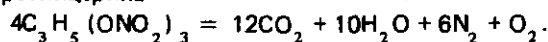
Давление газов в зарядной камере P_3 при взрыве заряда ВВ в Па определяется по формуле (1.10)

$$P_3 = \frac{P_0 V_0 T \Delta}{273 (1 - \alpha V_0 \Delta)}, \quad (1.10)$$

где T – абсолютная температура газов взрыва, К, $T = t + 273$ К; P_0 – атмосферное давление газов при взрыве, для расчетов принимается $P_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па ($P_0 = 1,03$ кгс/см² = 760 мм рт. ст.) при $t_0 = 0^\circ\text{C}$ (273 К); Δ – плотность заряжания, кг/дм³; α – собственный объем молекул продуктов взрыва, при плотности $\Delta \leq 1$ г/см³ $\alpha = 0,001$, при $\Delta \geq 1$ г/см³ $\alpha = 0,0006$.

Пример 5. Определить удельный объем газов при взрыве 1 кг нитроглицерина, приведенный к нормальным условиям: $t_0 = 0^\circ\text{C}$, $P_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па ($P_0 = 760$ мм рт. ст.).

Решение. 1. В табл. 2 находим реакцию взрывчатого разложения нитроглицерина



Согласно приведенной реакции взрывчатого разложения нитроглицерина число грамм-молекул газообразных продуктов взрыва составляет

$$n_1 = 12, n_2 = 10, n_3 = 6, n_4 = 1.$$

В табл. 1 находим грамм-молекулярную массу нитроглицерина $M = 227$. Число грамм-молекул нитроглицерина, участвующих в реакции взрывчатого разложения, $m_1 = 4$.

2. По формуле (1. 8) определяем удельный объем газов взрыва

$$V_0 = \frac{22,4 (n_1 + n_2 + \dots + n_n) 1000}{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_n M_n} =$$

$$= \frac{22,4 (12 + 10 + 6 + 1) 1000}{4 \cdot 227} = 715 \text{ л/кг.}$$

Пример 6. Наружный заряд детонита M массой 6 кг взрывается для дробления порохов в подошве уступа. Определить объем газов, выделившихся при взрыве заряда детонита M , если температура взрыва $t = 3280^\circ\text{C}$ и удельный объем газов взрыва $V_0 = 830 \text{ л/кг}$.

Решение. Объем газов взрыва, образующихся при взрыве наружного заряда детонита M , определяем по формуле (1. 9)

$$V_r = qV_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) = 6 \cdot 830 \left(1 + \frac{3280}{273}\right) = 64740 \text{ л} = 64,74 \text{ м}^3.$$

Пример 7. Заряд угленита 5 плотностью $\Delta = 1,1 \text{ г/см}^3$ размещается в шпурах $d = 40 \text{ мм}$. Угленит 5 имеет удельный объем газов взрыва $V_0 = 311 \text{ л/кг}$ ($0,311 \text{ м}^3/\text{кг}$), температуру взрыва $t = 920^\circ\text{C}$. Длина сплошного заряда 1,5 м, остальная часть шпура заполнена забойкой. Определить давление газов в шпуре в момент взрыва заряда ВВ.

Решение. 1. Находим температуру взрыва по Кельвину

$$T = t + 273 = 920 + 273 = 1193 \text{ К.}$$

2. По формуле (1. 10) определяем давление газов взрыва в шпуре в момент взрыва заряда

$$P_3 = \frac{P_0 V_0 T \Delta}{273 (1 - \alpha V_0 \Delta)} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \cdot 0,311 \cdot 1193 \cdot 1,1 \cdot 10^3}{273 (1 - 0,0006 \cdot 0,311 \cdot 1,1 \cdot 10^3)} =$$

$$= 1,73 \cdot 10^9 \text{ Па.}$$

Задача 9. Определить удельный объем газов при взрыве 1 кг аммиачной селитры при $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

$$P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па (760 мм рт.ст.).}$$

Задача 10. При взрыве 1 кг тротила при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па и температуре взрыва 2950°C образуется 750 л газов. Через некоторое время температура газов снизилась на 850°C . Определить объем газов взрыва V_r при сниженной температуре.

Задача 11. Для дробления негабаритных кусков железной руды используются наружные заряды из граммонита 79/21 массой по 1,5 кг. Определить объем газов взрыва V_r , образующихся при одновременном взрыве 12 наружных зарядов, $t = 2960^\circ\text{C}$.

Задача 12. В зарядной камере объемом $V_k = 3,6 \text{ м}^3$ размещен заряд аммонита 6ЖВ массой 2,4 т. Определить давление газов P_3 в камере в момент взрыва заряда. $V_0 = 895 \text{ л/кг}$; $T_c = 2960^\circ\text{C}$.

Задача 13. Определить давление газов при взрыве 1 кг гексогена имеющего температуру взрыва 4073 K и удельный объем газов взрыва 890 л/кг .

§ 2. Определение работоспособности, бризантности, чувствительности и скорости детонации ВВ

Работоспособность (фугасность) взрывчатых веществ определяется по ГОСТ 4546–81. Испытания проводятся в свинцовой бомбе (рис. 1). Работоспособность испытываемого ВВ (см^3) без температурной поправки определяется по формуле

$$V'_p = V_k - V_n \quad (1.1)$$

где V_k — конечный объем канала в свинцовой бомбе после взрыва см^3 ; V_n — начальный объем канала в свинцовой бомбе до взрыва $V_n = 62 \text{ см}^3$.

За стандартную температуру наружного воздуха при испытании ВВ на работоспособность принята температура $+15^\circ\text{C}$. При других значениях температуры вводятся температурные поправки:

Температура цилиндра при испытании, $^\circ\text{C}$...	-30	-25	-20	-15	-10	-5
Поправка, %	+18	+16	+14	+12	+10	+7
Температура цилиндра при испытании, $^\circ\text{C}$...	+5	+8	+10	+15	+20	+25
Поправка, %	+3,5	+2,5	+2	0	-2	-4

Пример 8. При взрыве навески аммонита 6ЖВ массой 10 г объема канала в свинцовом цилиндре составил 383 см^3 . Температура свинцового цилиндра в момент испытаний 22°C . Определить работоспособность аммонита 6ЖВ.

Решение. 1. Находим методом интерполирования температурную поправку: ближайшие значения -20°C и -25°C имеют соответствующие поправки $+14\%$ и $+16\%$. Для разности температур в 5° разность поправки составляет 2% . На один градус в этом интервале значения температуры поправка составит $(16 - 14) / (25 - 20) = 0,4\%$.

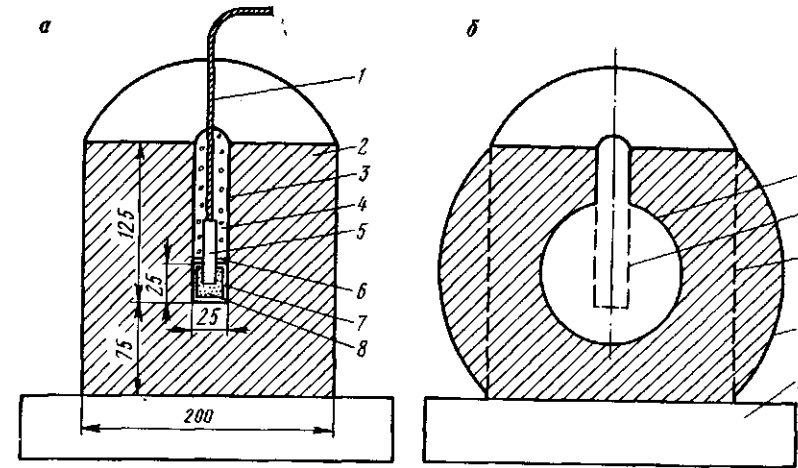


Рис. 1. Определение работоспособности ВВ:

а — до взрыва; б — после взрыва; 1 — ОШ; 2 — свинцовый цилиндр; 3 — канал; 4 — забойка; 5 — КД; 6 — картонный пыж; 7 — гильза; 8 — заряд ВВ; 9 — канал, расширенный взрывом; 10 — контур канала до взрыва; 11 — контур цилиндра до взрыва; 12 — цилиндр после взрыва; 13 — стальная плита

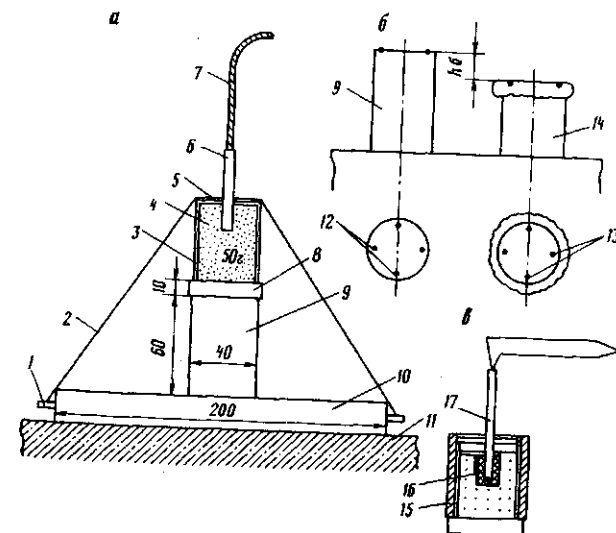


Рис. 2. Определение бризантности ВВ:

а — общий вид системы испытания; б — схема замера высоты цилиндров; а — схема определения бризантности ВВ в стальном кольце; 1 — крепежные крючья; 2 — шпагат; 3 — гильза; 4 — испытываемое ВВ; 5 — картонный кружок; 6 — КД; 7 — ОШ; 8 — стальной диск; 9 — цилиндрики до взрыва; 10 — стальная плита; 11 — твердое основание; 12 — точки замера до взрыва; 13 — точки замера после взрыва; 14 — цилиндр после взрыва; 15 — стальное кольцо; 16 — шашка; 17 — ЭД

Для температуры -22°C температурная поправка $t_1 = +14\% + 2 \cdot 0,4 = +14,8\%$.

2. Определяем разность объемов канала в цилиндре после взрыва:

$$V_p' = V_k - V_n = 382 - 62 = 320 \text{ см}^3.$$

3. Определяем работоспособность аммонита 6ЖВ с учетом температурной поправки по формуле

$$V_p = V_p' + \frac{V_p' t_1}{100} \quad (1.12)$$

Знак плюс или минус в формуле (1.12) определяется в зависимости от знака температурной поправки. В данном случае

$$V_p = 320 + \frac{320 \cdot 14,8}{100} \approx 367 \text{ см}^3.$$

Определение бризантности порошкообразных и жидких промышленных ВВ осуществляется по обжатию двух свинцовых цилиндров в соответствии с требованиями ГОСТ 5984-80.

Для определения бризантности порошкообразных ВВ нормальной чувствительности используют взрыв заряда ВВ массой 50 г, диаметром $d = 40$ мм и плотностью $\Delta = 1 \text{ г/см}^3$, в бумажной оболочке, устанавливаемый на свинцовом цилиндре (рис. 2) диаметром 40 мм и высотой 60 мм. Разность между начальной высотой свинцового цилиндра и его высотой после взрыва заряда характеризует бризантность ВВ. Измерения проводят в четырех точках на двух образцах. Расхождения между значениями при измерении должны быть не более 1 мм.

Пример 9. Определить бризантность аммонита 6ЖВ, если высота первого свинцового цилиндра после обжатия взрывом имеет следующие значения: $h_1 = 44,1$; $h_2 = 44,6$; $h_3 = 44,4$; $h_4 = 44,5$ мм, второго цилиндра $h_1 = 44,6$; $h_2 = 44,8$; $h_3 = 44,1$; $h_4 = 44,9$ мм.

Решение. 1. Определяем среднюю высоту свинцовых цилиндров

$$h_{cp}' = (44,1 + 44,6 + 44,4 + 44,5) / 4 = 44,4 \text{ мм};$$

$$h_{cp}'' = (55,6 + 44,8 + 44,1 + 44,9) / 4 = 44,6 \text{ мм}.$$

2. По разности высота свинцовых цилиндров до и после взрыва определяем для аммонита 6ЖВ значение бризантности.

$$h_6 = h_u - h_k = h_u - \frac{h_{cp}' + h_{cp}''}{2} = 60 -$$

$$\frac{44,4 + 44,6}{2} = 15,5 \text{ мм}, \quad (1.13)$$

где h_6 — бризантность ВВ, мм; h_u — средняя высота цилиндров до обжатия, мм; h_k — средняя высота цилиндров после обжатия, мм,

$$h_k = (h_{cp}' + h_{cp}'') / 2. \quad (1.14)$$

При определении бризантности низкочувствительных ВВ для обеспечения устойчивости и полноты их детонации заряд ВВ массой 50 г размещают в стальном кольце (см. рис. 2). В зависимости от чувствительности испытываемых гранулированных ВВ инициирование заряда в кольце осуществляется электродетонатором без промежуточного детонатора или с использованием промежуточного детонатора — тротиловой шашки массой 5 г. При испытании сухих аватолов масса тротиловой шашки 10 г. Масса шашки включается в массу заряда с внесением в протокол испытаний записи "от тротиловой шашки массой 5 (10) г".

Инициирование зарядов с использованием шашки-детонатора производится в стальной оболочке.

Пример 10. Определить бризантность сухого аватолола Т-20 при инициировании заряда в стальной оболочке тротиловой шашкой массой 10 г, при высоте первого цилиндра после обжатия взрывом $h_1 = 29,2$; $h_2 = 29,4$; $h_3 = 29,6$; $h_4 = 29,8$ мм; второго цилиндра $h_1 = 28,1$; $h_2 = 28,3$; $h_3 = 28,9$; $h_4 = 28,7$ мм.

Решение. 1. Определяем среднюю высоту свинцовых цилиндров после обжатия взрывом:

$$h_{cp}' = (29,2 + 29,4 + 29,6 + 29,8) / 4 = 29,5 \text{ мм};$$

$$h_{cp}'' = (28,1 + 28,3 + 28,9 + 28,7) / 4 = 28,5 \text{ мм}.$$

2. Определяем значение бризантности

$$h_6 = h_u - \frac{h_{cp}' + h_{cp}''}{2} = 60 - \frac{29,5 + 28,5}{2} = 31 \text{ мм}.$$

Бризантность сухого аватолола в стальной оболочке при инициировании от тротиловой шашки массой 10 г составляет 31 мм.

Определение чувствительности ВВ осуществляется в соответствии с ГОСТ 4545-88 путем сбрасывания на копре груза массой 10 кг на навеску ВВ массой 10 г.

Основная характеристика нижнего предела чувствительности ВВ к удару — максимальная высота сбрасывания груза, при которой не наблюдается ни одного или не более одного взрыва при 25 испытаниях.

Характеристика частоты взрывов представляет число взрывов в процентах из 25 испытаний при сбрасывании груза массой 10 кг с высоты 250 мм.

Пример 11. При определении чувствительности угленита Э-6 к удару получены следующие данные при 25 испытаниях. При высоте падения груза 480 мм зафиксировано четыре взрыва навески угленита Э-6; при высоте 450 мм — один взрыв. При первой серии испытаний зафиксировано 12 взрывов, во второй — ни одного.

Определить нижний предел чувствительности и частоту взрывов в процентах.

Решение. 1. При высоте падения груза 480 мм зафиксировано шесть взрывов, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 4545-88 при высоте 450 мм — один взрыв, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 4545-88. Нижний предел чувствительности угленита Э-6 составляет 450 мм.

2. Частота взрывов определяется по формуле

$$X = n \cdot 100/25, \quad (I. 15)$$

где X — частота взрывов, %; n — полученное число взрывов при испытаниях; 25 — число испытаний.

Определяем частоту взрывов в первой серии

$$X = 12 \cdot 100/25 = 48 \%$$

По данным испытаний частота взрывов во второй серии составляет 0%.

Скорость детонации (м/с)

$$D_{и} = D_{э} \sqrt{Q_{и}/Q_{э}}, \quad (I. 16)$$

где $D_{э}$ — скорость детонации эталонного ВВ, м/с; $Q_{и}$ — теплота взрыва испытываемого ВВ, кДж/кг; $Q_{э}$ — теплота взрыва эталонного ВВ, кДж/кг.

В расчетах в качестве эталонного ВВ принят аммонит 6ЖВ.

Характеристики аммонита 6ЖВ по ГОСТ 21984-76: $D_{э} = 3600$ м/с; $Q_{э} = 4312$ кДж/кг, плотность $\Delta = 1$ г/см³, $d_{к} = 15$ мм.

При плотности $\Delta = 1$ г/см³ или $\Delta \leq 1$ г/см³ скорость детонации (м/с) эталонного ВВ определяется по формуле

$$D = D_{э} + 3500(\Delta - 1), \quad (I. 17)$$

где $D_{э}$ — скорость детонации эталонного ВВ при плотности ВВ более или менее 1 г/см³.

Пример 12. Определить скорость детонации детонита М при плотности $\Delta = 1,2$ г/см³; $d = 20$ мм. Теплота взрыва $Q_{и} = 5786$ кДж/кг, критический диаметр 10 мм.

Решение. 1. Определяем по формуле (I. 17) скорость детонации эталонного ВВ аммонита 6ЖВ при плотности 1,2 г/см³.

$$D = D_{э} + 3500(\Delta - 1) = 3600 + 3500(1,2 - 1) = 4300 \text{ м/с.}$$

2. Определяем скорость детонации детонита М

$$D_{и} = D_{э} \sqrt{Q_{и}/Q_{э}} = 4300 \sqrt{5786/4312} \approx 49 \text{ м/с.}$$

Задача 14. Определить работоспособность гранулита АС-8, если при температуре свинцовой бомбы + 20 °С объем канала после взрыва навески ВВ составил 520 см³.

Задача 15. Определить температурную поправку при температуре свинцовой бомбы — 27 °С.

Задача 16. При температуре + 15 °С объем канала в свинцовой бомбе после взрыва заряда аммонала составил 470 см³. Определить работоспособность аммонала-200.

Задача 17. Аммонит скальный № 1 высшей категории качества имеет стандартную работоспособность 460 см³. При взрыве навески аммонита скального № 1 массой 10 г расширенный канал в свинцовой бомбе имел объем 530 см³. Определить температуру, при которой проводились испытания в свинцовом цилиндре.

Задача 18. Работоспособность граммонита 30/70 при проведении испытаний при $t = -14$ °С составила 336 см³. Какой объем имел канал в свинцовой бомбе после взрыва?

Задача 19. При взрыве навески граммонита 30/70 массой 50 г в стальной оболочке от тротиловой шашки массой 5 г высота первого свинцового цилиндра в четырех измерениях составила: $h_1 = 36,0$; $h_2 = 36,4$; $h_3 = 36,6$; $h_4 = 36,6$; второго $h_1 = 36,3$; $h_2 = 36,8$; $h_3 = 36,8$; $h_4 = 36,9$ мм. Определить бризантность граммонита 30/70.

Задача 20. При взрыве навески аммонита АП-5ЖВ средняя высота первого свинцового цилиндра после обжатия взрывом составила 45,5 мм; высота второго цилиндра в четырех измерениях: $h_1 = 46$; $h_2 = 47$; $h_3 = 46,2$; $h_4 = 46,8$ мм. Определить бризантность аммонита АП-5ЖВ.

Задача 21. При взрыве навески детонита М средняя высота первого цилиндра после обжатия взрывом составила 43 мм; второго — на 1 мм меньше. Определить бризантность детонита М.

Задача 22. При испытании гранулита АС-8В в приборе I зафиксировано два взрыва; в приборе II — три взрыва. Определить чувствительность гранулита АС-8 в приборах I и II по частоте взрывов.

Задача 23. Определить скорость детонации угленита Б при плотности $\Delta = 1,1$ г/см³; $d = 28$ мм. Теплота взрыва $Q_{и} = 1300$ кДж/кг. Критический диаметр 10 мм.

Задача 24. Определить скорость детонации гранулита С-6М при плотности $\Delta = 0,8$ г/см³, $d = 120$ мм. Теплота взрыва $Q_{и} = 3850$ кДж/кг, критический диаметр 100 мм.

Глава II

РАСЧЕТ ЗАРЯДОВ РЫХЛЕНИЯ

Рыхление горных пород осуществляют скважинными, шпуровыми, котловыми, камерными, малокамерными, наружными и комбинированными зарядами. Каждый метод взрывания зарядов характеризуется своими параметрами, расчет которых проводится по эмпирическим формулам, приведенным в задачнике.

§ 3. Расчет параметров скважинных зарядов рыхления при уступной отбойке

Определение параметров скважинных зарядов рыхления при уступной отбойке (рис. 3) осуществляется по нижеприведенным формулам. Масса скважинных зарядов рыхления при уступной отбойке при известном удельном расходе ВВ определяется по формуле

$$Q_c = qa W_n H, \quad (II. 1)$$

где q — известный расчетный удельный расход ВВ, кг/м³; a — расстояние между скважинами в ряду, м; W_n — линия сопротивления по подошве уступа (ЛСПП), м; H — высота взрываемого уступа, м.

Значение ЛСПП для одиночной скважины при уступной отбойке определяется по формуле

$$W_n = \sqrt{p/q}, \quad (II. 2)$$

при серийном взрывании

$$W_n = 0,9\sqrt{p/(qm)}, \quad (II. 3)$$

где p — вместимость 1 м скважины, кг (табл. 3); m — относительное расстояние между скважинами,

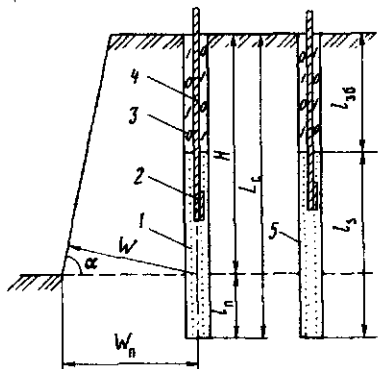


Рис. 3. Схема расположения скважинных зарядов рыхления:

1 — заряд ВВ; 2 — узел ДШ; 3 — забойка; 4 — детонационный (концевой) отрезок ДШ; 5 — скважина; b — расстояние между рядами скважин; L_3 — длина перебура; $L_3б$ — длина заряда в скважине; $L_3б$ — длина забойки; W — линия наименьшего сопротивления; W_n — линия сопротивления по подошве; c — ширина бермы безопасности; L_c — длина скважины; H — высота уступа; a — расстояние между скважинами в ряду; α — угол откоса уступа

Таблица 3

Диаметр скважины d , мм	Вместимость 1 м скважины, кг, при плотности заряжения Δ , т/м ³				
	0,9	1	1,05	1,1	1,2
75	4	4,4	4,6	4,8	5,3
80	4,5	5	5,2	5,5	6
90	5,7	6,4	6,7	7	7,7
100	7,1	7,9	8,2	8,6	9,4
105	7,8	8,7	9,1	9,5	10,4
110	8,6	9,5	10	10,5	11,4
115	9,3	10,4	10,9	11,4	12,6
120	10,2	11,3	11,9	12,4	13,6
125	11	12,3	12,9	13,5	14,7
130	12	13,3	14	14,6	15,9
135	12,9	14,8	15	15,7	17,2
140	13,8	15,4	16,1	16,9	18,5
145	14,9	16,5	17,3	18,2	19,8
150	15,9	17,7	18,5	19,4	21,2
155	17	18,9	19,8	20,8	22,6
160	18,1	20,1	21,1	22,1	24,1
165	19,2	21,4	22,5	23,5	25,7
170	20,4	22,7	23,9	25	27,2
175	21,6	24	25,2	25,6	28,7
180	22,9	25,5	26,7	28	30,5
185	24,2	26,9	28,2	29,6	32,3
190	25,5	28,3	29,8	32,2	34
195	26,9	29,7	31,3	32,8	35,8
200	28,3	31,4	33	34,6	37,7
205	29,7	33	34,6	36,3	39,6
210	30,9	34,3	36	38,1	41,2
215	32,7	36,3	38,1	39,9	46,6
220	34,2	38	39,9	41,8	47,2
225	35,8	39,8	41,8	43,8	47,7
230	37,4	41,6	43,6	45,7	49,9
240	40,7	45,2	47,5	49,8	54,3
245	52,4	47,1	49,3	51,6	56,6
250	44,2	49	52,5	54	58,9
255	46	51	53,6	56,2	61,3

$$m = a/W_n, \quad (II. 4)$$

При мгновенном взрывании скважинных зарядов $m = 0,8 \div 1,1$, при короткозамедленном — $m = 0,9 \div 1,3$; при огневом — $m = 1,2 \div 1,4$.

Расстояние между скважинами в ряду

$$a = m W_n, \quad (II. 5)$$

Расстояние между рядами скважин при мгновенном взрывании

$$b = 0,85 W_n, \quad (II. 6)$$

При короткозамедленном взрывании

$$b' = 0,95W_n \quad (II. 7)$$

Масса скважинного заряда по вместимости:

$$Q_c = \rho' l_3 \quad (II. 8)$$

Длина забойки в скважине

$$l_{36} = L_c - l_3 \quad (II. 9)$$

Длина скважины

$$L_c = H + l_n \quad (II. 10)$$

Здесь l_n — длина перебура, м. Длина перебура принимается в зависимости от крепости пород и диаметра скважины. В расчетах для решения задач принимается: для крепких пород $l_n = 12d_3$; для пород средней крепости $l_n = 8d_3$; для некрепких пород $l_n = 4d_3$; l_3 — длина заряда.

При определении удельного расхода ВВ в качестве эталонного ВВ принят аммонит 6ЖВ. При использовании других ВВ применяется поправочный коэффициент K_n , учитывающий относительную мощность ВВ:

Аммонит 6ЖВ	1	Граммонит 79/21	1
КарбатоЛ ГЛ-10В.	0,79	Динафталит	1,08
Аммонит скальный № 1	0,81	Граммонит 50/50	1,11
Детонит М	0,82	Гранулит С-6М	1,11
Алюмотол	0,83	Гранулит М	1,13
Гранулит АС-8	0,89	Игданит	1,15
Аммонал 200	0,9	Гранитол 1	1,16
Гранитол 7А	0,96	Граммонит 30/70	1,2
Гранулит АС-4	0,98	Акватол Т-20	1,2
		Аммонит АП-5ЖВ	1,2

Пример 13. Определить массу скважинного заряда $d = 200$ мм гранулита АС-8 при взрывании уступа высотой $H = 12$ м и относительном расстоянии между зарядами $m = 1,1$. Удельный расход эталонного ВВ — аммонита № 6ЖВ $q = 0,6$ кг/м³. Плотность заряжания $0,9$ т/м³ ($0,9$ г/см³).

Решение. 1. Находим в табл. 3 вместимость 1 м скважины $d = 200$ мм при плотности заряжания $0,9$ т/м³, $\rho' = 28,3$ кг.

2. По формуле (II. 3) определяем величину ЛСПП

$$W_n = 0,9\sqrt{\rho'/(qm)} = 0,9\sqrt{28,3/(0,6 \cdot 1,1)} = 5,85 \text{ м.}$$

Принимаем $W_n = 5,8$ м.

3. По формуле (II. 5) определяем расстояние между скважинами в ряду $a = mW_n = 1,1 \cdot 5,8 = 6,38$ м $\approx 6,4$ м.

4. Находим поправочный коэффициент для гранулита АС-8: $K_n = 0,89$.

5. По формуле (II. 1) определяем массу скважинного заряда грану-
лита АС-8

$$Q_c = qa K_n W_n H = 6,4 \cdot 0,6 \cdot 0,89 \cdot 5,8 \cdot 12 = 238 \text{ кг.}$$

Пример 14. Для взрывания гранитных уступов высотой 16 м исполь-
зуются скважины вместимостью $p' = 40,7$ кг/м при $\Delta = 0,9$ г/см³.
Относительное расстояние $m = 1,2W_n = 6$ м, $Q_c = 470$ кг. Определить
удельный расход ВВ, диаметр скважины, длину заряда, объем породы,
взрывааемой одной скважиной и выход взорванной массы с 1 м сква-
жины.

Решение. 1. По формуле (II. 5) находим расстояние между сква-
жинами в ряду

$$a = mW_n = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ м.}$$

2. По формуле (II. 1) находим удельный расход ВВ

$$q = \frac{Q_c}{aW_n H} = \frac{470}{7,2 \cdot 6 \cdot 16} = 0,67 \text{ кг/м}^3.$$

3. Определяем длину заряда в скважине:

$$l_z = Q_c / p' = 470 / 40,7 = 11,55 \text{ м.}$$

4. По вместимости $p' = 40,7$ кг/м находим в табл. 3 диаметр сква-
жины $d = 240$ мм.

5. Определяем длину скважины

$$L_c = H + l_n = 16 + 12d = 16 + 12 \cdot 0,24 = 18,9 \text{ м. Принимаем} \\ L_c = 19 \text{ м.}$$

6. Объем гранита, взрывааемого одной скважиной первого ряда опре-
деляется по формуле

$$V_{1c} = aW_n H = 6 \cdot 7,2 \cdot 16 = 691 \text{ м}^3.$$

7. Определяем выход взорванной массы с 1 м скважины первого
ряда.

$$V_1 = aW_n H / L_c = 6 \cdot 7,2 \cdot 16 / 19 = 36,3 \text{ м}^3/\text{м.}$$

8. Объем гранита L_c , взрывааемого одной скважиной второго и
последующих рядов, определяется по формуле

$$V_{2c} = abH = 6 \cdot 0,85 \cdot 7,2 \cdot 16 = 587 \text{ м}^3.$$

9. Определяем выход взорванной массы с 1 м скважины второго и
последующих рядов

$$V_2 = abH / L_c = 6 \cdot 0,85 \cdot 7 \cdot 16 / 19 = 30,9 \text{ м}^3/\text{м.}$$

Пример 15. Определить вместимость 1 м скважины $d = 210$ мм при плотности заряжения $\Delta = 1,1$ г/см³.

Решение. Вместимость 1 м скважины определяется по формуле

$$\rho' = \frac{\pi d^2}{4} \Delta = 0,785 d^2 \Delta = 0,785 \cdot 2,1^2 \cdot 1,1 \cdot 10 = 38,1 \text{ кг/м,}$$

где d — диаметр скважины, дм.

Задача 25. Определить вместимость 1 м скважины диаметром 220 мм при плотности заряжения акватолом Т-20 $\Delta = 1,4$ г/см³.

Задача 26. Определить объем породы, взрываваемой одним скважинным зарядом при высоте уступа $H = 10$ м, $a = 6$ м, $m = 1,2$.

Задача 27. Определить массу скважинного заряда Q_c из игданита $d = 180$ мм для взрывания уступа доломитов высотой 10 м, если при $W_n = 5$ м площадь массива, взрываемого одной скважиной составляет $S_c = 30$ м², а удельный расход по аммониту 6ЖВ — 0,45 кг/м³.

Задача 28. Для взрывания песчаников используются скважины $d = 190$ мм. В качестве ВВ применяются игданит, удельный расход по аммониту 6ЖВ составляет 0,4 кг/м³, относительное расстояние $m = 1,15$. Определить массу скважинного заряда, если $H = 14$ м, $\Delta = 0,9$ г/см³ (0,9 т/м³).

Задача 29. Отбойка мелкозернистых кварцитов при высоте уступа 16 м и $l_n = 2$ м осуществляется скважинными зарядами $d = 220$ мм с использованием алюмотола. Параметры скважинных зарядов: $W_n = 7$ м, $m = 0,95$, удельный расход по аммониту 6ЖВ $q = 0,8$ кг/м³. Определить длину заряда в скважине при $\Delta = 1$ т/м³ (1 г/см³) и массу забойки в скважине при ее плотности $\gamma_s = 1,6$ т/м³.

Задача 30. Заряд граммонита 79/21 в скважине $d = 145$ мм при $\Delta = 0,90$ т/м³ имеет длину 8 м, занимая 2/3 длины скважины. Определить массу скважинного заряда, длину скважины и забойки.

Задача 31. Для взрывания уступа порфириров высотой 10 м используется четырехрядное расположение скважинных зарядов $d = 120$ мм, плотностью 0,85 т/м³ (0,85 г/см³), расстояние между рядами скважин $b = 3,4$ м, удельный расход ВВ (гранулита АС-4) $q = 0,55$ кг/м³, $W_n = 4$ м, $m = 1,2$; $l_n = 2$ м. Определить общий расход ВВ, объемы блока, буровых работ и выход взорванной массы с 1 м скважины при взрывании блока порфириров длиной 200 м.

Задача 32. При взрывании уступа крепких доломитов высотой 16 м длина заряда в скважинах $d = 200$ мм составляет 9 м при плотности заряжения акватола Т-60 $\Delta = 1,4$ т/м³. Площадь уступа, взрываемого одной скважиной $S_c = 60$ м². Определить удельный расход по эталонному ВВ — аммониту 6ЖВ.

Задача 33. При дроблении скальных пород скважинными зарядами удельный расход граммонита 50/50 составляет 0,75 кг/м³. Плотность заряжения $\Delta = 0,9$ т/м³. Определить длину забойки, массу скважинного

заряда и его диаметр, если $\rho' = 24,2$ кг/м, длина заряда составляет $0,6 L_c$ при $L_c = 14$ м.

Задача 34. При взрывании железной руды расстояние между скважинными зарядами в ряду $a = 6,6$ м; $m = 1,1$. Определить диаметр и массу скважинного заряда при плотности гранулита АС-8 $\Delta = 0,9$ т/м³ и удельном расходе аммонита 6ЖВ $q = 0,65$ кг/м³, $\rho' = 32,7$ кг/м, $H = 15$ м.

Задача 35. Определить диаметр и рассчитать сетку расположения скважин при многорядном взрывании (W_n , a , b) при взрывании уступа диоритов высотой $H = 15$ м при $q = 0,8$ кг/м³, $m = 1,1$; $\Delta = 0,9$ кг/м³, $\rho' = 26,9$ кг/м.

Задача 36. Определить высоту уступа и массу заряда в скважине при взрывании некрепких пород, если скважина имеет диаметр 125 мм, длина заряда составляет $0,6 L_c$ и равна 6 м, $\Delta = 1$ т/м³, $l_n = 0,5$ м.

Задача 37. Рассчитать сетку расположения скважин W_n , a , d , L_c и потребность граммонита 79/21 для взрывания блока крепких пород размером 300 x 6 м при высоте уступа 11 м, при удельном расходе аммонита 6ЖВ $q = 0,9$ кг/м³, $\rho' = 28,3$ кг/м, $\Delta = 0,9$ кг/м³; $m = 0,9$, $l_n = 2$ м.

Задача 38. Определить диаметр и длину скважины при взрывании уступа пород средней крепости высотой $H = 9$ м, если $\Delta = 1,2$ т/м³; $\rho' = 15,9$ кг/м.

Задача 39. Масса скважинного заряда $Q_c = 720$ кг, длина забойки в скважине $l_{зб} = 6$ м; $\rho' = 43,8$ кг/м при $\Delta = 1,1$ т/м³. Определить диаметр и длину скважины.

Задача 40. При трехрядном взрывании скважин используются следующие параметры: $l_{зб} = 6$ м; $m = 1,2$; $\rho' = 19,2$ кг/м; $\Delta = 0,9$ т/м³; $W_n = 6$ м; $L_c = 15$ м; $l_n = 2$ м. Определить: H , Q_c , b_3 , a .

§ 4. Определение параметров шпуровых зарядов рыхления при уступной отбойке

Схема расположения шпуровых зарядов рыхления аналогична схеме расположения скважинных зарядов при уступной отбойке (рис. 4). Параметры шпуровых зарядов рыхления определяются по формулам (II. 1) – (II. 10).

Вместимость 1 м шпура по ВВ в зависимости от плотности заряжания приведена в табл. 4. Длина забойки в шпуре не менее – 1/3 длины шпура.

Приведенные ниже формулы пригодны и для определения аналогичных параметров скважинных зарядов.

Предельная высота уступа H для шпуровых зарядов: в скальных породах $H = 4,5$ м, в некрепких породах $H = 4,8 \div 5$ м. Длина перебура принимается в зависимости от крепости пород и диаметра шпуров.

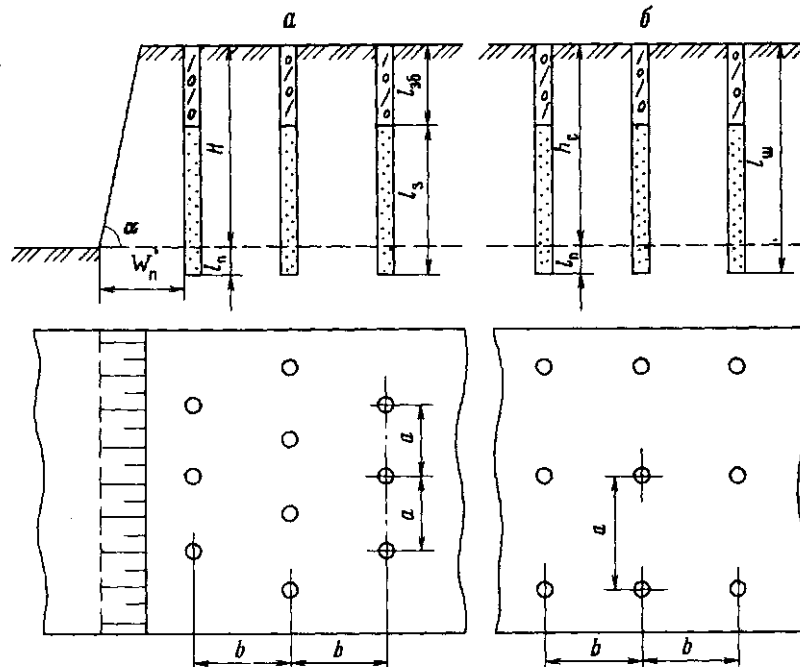


Рис. 4. Схема расположения шпуровых зарядов рыхления:

a – при уступной забойке; *б* – при рыхлении массивов с одной обнаженной плоскостью; $l_{ш}$ – длина шпура; $l_{п}$ – длина перебура; $l_{з}$ – длина заряда в шпуре; $l_{зб}$ – длина забойки; a – расстояние между шпурами в ряду; b – расстояние между рядами шпуров; h_c – высота взрываемого слоя; α – угол откоса уступа; $W_{п}$ – линия сопротивления по подошве; H – высота взрываемого уступа

В расчетах значение перебура $l_{п}$ принимается: для крепких пород $l_{п} = 10d_3$; для пород средней крепости $l_{п} = 6d_3$; для некрепких пород $l_{п} = 3d_3$.

Пример 16. Уступ высотой $H = 3$ м рыхлят взрыванием шпуровых зарядов диаметром 40 мм. Определить массу шпурового заряда при плотности заряжания $\Delta = 0,9$ т/м³, $m = 0,9$ и удельном расходе аммонита 6ЖВ на рыхление $q = 0,5$ кг/м³. Взрывание шпуров мгновенное, электрическим способом.

Решение. 1. Находим вместимость одного шпура диаметром 40 мм при плотности $\Delta = 0,9$ т/м³ (см. табл. 4) $\rho' = 1,13$ кг/м.

2. По формуле (II. 3) определяем значение линии сопротивления по подошве, принимая $\Delta = 0,9$ кг/дм³.

$$W_{п} = 0,9 \sqrt{1,13 / (0,5 \cdot 0,9)} = 1,42 \text{ м.}$$

Принимаем $W_{п} = 1,4$ м.

Таблица 4

Диаметр шпура d , мм	Вместимость 1 м шпура, кг, при плотности заряжения Δ , т/м ³				
	0,9	0,95	1	1,05	1,1
24	0,4	0,42	0,45	0,47	0,49
26	0,48	0,52	0,53	0,56	0,58
28	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68
30	0,64	0,68	0,71	0,75	0,78
32	0,72	0,76	0,8	0,84	0,88
34	0,82	0,86	0,91	0,96	1
36	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12
38	1,02	1,08	1,13	1,18	1,24
40	1,13	1,19	1,26	1,32	1,38
41	1,18	1,25	1,32	1,38	1,45
42	1,24	1,32	1,38	1,45	1,52
43	1,3	1,38	1,45	1,52	1,59
44	1,37	1,44	1,52	1,59	1,67
45	1,43	1,51	1,59	1,66	1,74
46	1,49	1,58	1,66	1,74	1,82
47	1,56	1,64	1,73	1,82	1,86
48	1,63	1,72	1,81	1,9	1,99
49	1,7	1,79	1,88	1,94	2,07
50	1,76	1,86	1,96	2,06	2,16
52	1,9	2,06	2,12	2,23	2,33
54	2,06	2,18	2,29	2,41	2,52
56	2,21	2,33	2,46	2,58	2,7
58	2,38	2,52	2,64	2,77	2,9
60	2,54	2,68	2,82	2,92	3,1
62	2,72	2,87	3,02	3,17	3,32
64	2,89	3,05	3,21	3,37	3,53
66	3,08	3,25	3,42	3,59	3,76
68	3,26	3,45	3,68	3,81	3,99
70	3,46	3,65	3,84	4,03	4,22
72	3,66	3,87	4,07	4,28	4,48
74	3,87	4,08	4,3	4,52	4,73

3. Находим по формуле (II. 5) расстояние между зарядами в ряду

$$a = mW_n = 0,9 \cdot 1,4 = 1,26 \text{ м.}$$

4. По формуле (II. 1) определяем массу шпурового заряда рыхления

$$Q_{\text{ш}} = qaW_nH = 0,5 \cdot 1,26 \cdot 1,4 \cdot 3 = 2,65 \text{ кг.}$$

Пример 17. Определить длину шпура и значение линии сопротивления по подошве при взрывании крепких скальных пород, если известно, что относительное расстояние между зарядами $m = 1$, высота уступа $H = 2,5$ м, $Q_{\text{ш}} = 3$ кг, $d_3 = 46$ мм, $q = 0,6$ кг/м³.

Решение. 1. По формуле (II. 10) определяем длину шпуров, принимая для скальных пород $l_n = 10d_3$

$l_{\text{ш}} = H + l_{\text{п}} = 2,5 + 10 \cdot 0,046 = 2,96$ м. Принимаем $l_{\text{ш}} = 3$ м.

2. По формуле (II. 1) и по условиям задачи определяем a , $W_{\text{п}}$. Подставляя значение $a = mW_{\text{п}}$, преобразуем формулу (II. 1)

$$W_{\text{п}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{ш}}}{qmH}} = \sqrt{\frac{3}{0,6 \cdot 1 \cdot 2,5}} = 1,4 \text{ м.} \quad (\text{II. 11})$$

Принимаем $W_{\text{п}} = 1,4$ м; $a = 1 \cdot 1,4 = 1,4$ м.

Пример 18. Масса шпурового заряда $Q_{\text{ш}} = 3,6$ кг. Определить длину шпура, если вместимость 1 м шпура $\rho' = 1,2$ кг, а длина забойки составляет $l_{\text{зб}} = 1,5$ м.

Решение. 1. Определяем длину заряда в шпуре

$$l_{\text{з}} = Q_{\text{ш}} / \rho' = 3,6 / 1,2 = 3 \text{ м.} \quad (\text{II. 12})$$

2. Определяем длину шпура

$$l_{\text{ш}} = l_{\text{з}} + l_{\text{зб}} = 3 + 1,5 = 4,5 \text{ м.} \quad (\text{II. 13})$$

Пример 19. Определить число шпуров диаметром 50 мм, объем буровых работ и выход взорванной массы с 1 м шпура и расход ВВ для взрывания $V_{\text{общ}} = 420$ м³ скальных пород средней крепости при высоте уступа 2,8 м. Расстояние между шпурами в ряду 1,5 м; $W_{\text{п}} = 1,4$ м; $q = 0,6$ кг/м³, число рядов $n = 4$, взрывание мгновенное.

Решение. 1. Определяем объем породы, приходящейся на один шпур в первом ряду (см. рис. 4).

$$V'_{\text{ш}} = aW_{\text{п}}H = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 2,8 = 5,9 \text{ м}^3. \quad (\text{II. 14})$$

2. Определяем расстояние между рядами зарядов по формуле (II. 6)

$$b = 0,85W_{\text{п}} = 0,85 \cdot 1,4 = 1,19 = 1,2 \text{ м.}$$

3. Находим объем породы, приходящейся на один шпур во всех рядах, кроме первого

$$V''_{\text{ш}} = abH = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2,8 = 5 \text{ м}^3. \quad (\text{II. 15})$$

4. Находим средний объем породы, взрываваемой шпурами при четырехрядном взрывании

$$V_{\text{с.ш}} = V'_{\text{ш}} + n_{\text{р}} V''_{\text{ш}} = 5,9 + 3 \cdot 5 = 20,9 \text{ м}^3, \quad (\text{II. 16})$$

где $n_{\text{р}}$ — число рядов шпуров, не считая первого ряда.

5. Определяем число шпуров в одном ряду

$$N'_{\text{ш}} = V_{\text{общ}} / V_{\text{с.ш}} = 420 / 20,9 = 20. \quad (\text{II. 17})$$

6. Находим общее число шпуров

$$N_{\text{ш}} = 4 N'_{\text{ш}} = 4 \cdot 20 = 80. \quad (\text{II. 18})$$

7. По формуле (II. 10) определяем длину шпура

$$l_{\text{ш}} = H + l_{\text{п}} = 2,8 + 0,3 = 3,1 \text{ м.}$$

Для пород средней крепости

$$l_{\text{п}} = 6d_3 = 6 \cdot 0,05 = 0,3 \text{ м.}$$

8. Определяем объем буровых работ

$$L_6 = N_{\text{ш}} l_{\text{ш}} = 80 \cdot 3,1 = 248 \text{ м.} \quad (\text{II. 19})$$

9. Определяем выход взорванной массы с 1 м шпура

$$V_{\text{м}} = V_{\text{общ}} / L_6 = 420 / 248 = 1,7 \text{ м}^3 / \text{м.} \quad (\text{II. 20})$$

10. Определяем средний выход взорванной массы с одного шпура

$$V_{\text{ш}} = V_{\text{общ}} / N_{\text{ш}} = 420 / 80 = 5,25 \text{ м}^3. \quad (\text{II. 21})$$

11. Определяем общий расход ВВ

$$Q_{\text{общ}} = qV_{\text{общ}} = 0,6 \cdot 420 = 252 \text{ кг.}$$

12. Определяем массу шпутового заряда

$$Q_{\text{ш}} = Q_{\text{общ}} / N_{\text{ш}} = 252 / 80 = 3,15 \text{ кг.} \quad (\text{II. 22})$$

Пример 20. Определить массу шпутового заряда при $H = 1,2$ м, удельном расходе ВВ $q = 0,7$ кг/м³ и $W_{\text{п}} = 0,81$ м.

Решение. 1. При $W \leq 1$ м масса шпутового заряда рыхления

$$Q_{\text{ш}} = qW_{\text{п}} \sqrt{W_{\text{п}}} = 0,6 \cdot 0,81 \sqrt{0,81} = 0,437 \text{ кг.} \quad (\text{II. 23})$$

Принимаем $Q_{\text{ш}} = 450$ г.

Задача 41. Определить объем буровых работ L_6 в породах средней крепости для взрывания блока высотой 2,7 м, если общее число шпуров диаметром 50 мм $N_{\text{ш}} = 40$.

Задача 42. Для обуривания уступа крепких скальных пород высотой 3,2 м используются буровые коронки диаметром 46 мм. Определить массу шпутового заряда $Q_{\text{ш}}$ при относительном расстоянии $m = 1,2$, плотности заряжения $\Delta = 1,1$ кг/дм³ и удельном расходе аммонита 6ЖВ $q = 0,45$ кг/дм³. Шпуры взрываются огневым способом.

Задача 43. Определить длину шпура $l_{\text{ш}}$ диаметром 45 мм при взрывании уступа крепких скальных пород высотой 3 м.

Задача 44. Определить расстояние между шпурами при обуривании уступа высотой 2,4 м, если известны диаметр шпуров 36 мм, плотность заряжения 0,95 кг/дм³, относительное расстояние $m = 1,2$ и удельный расход ВВ 0,4 кг/м³.

Задача 45. При плотности заряжения 0,95 кг/дм³ вместимость 1 м шпура равна 1,32 кг; $H = 3$ м; $Q_{\text{ш}} = 3,6$ кг; $W_{\text{п}} = 1,34$ м; $m = 1,1$. Определить диаметр шпуров и удельный расход ВВ.

Задача 46. При высоте уступа скальных пород 2,8 м $W_n = 1,4$ м; $m = 1,3$. Взрывание шпуров четырехрядное. Определить расстояние между шпурами в ряду, расстояние между рядами шпуров и длину шпуров при $d = 42$ мм.

Задача 47. Длина заряда в шпуре диаметром 40 мм составляет 0,7 длины шпура и равна 2,1 м. Определить высоту уступа при взрывании некрепких пород.

Задача 48. Определить параметры сетки расположения шпуров W_n , a , b , при четырехрядном бурении для рыхления пород средней крепости при высоте уступа 2,7 м, диаметре шпуров 43 мм, $\Delta = 0,95$ кг/дм³, $q = 0,46$ кг/м³; $m = 1,2$.

Задача 49. Определить объем буровых работ L_b для рыхления массива скальных пород длиной 160 м, шириной 12 м, высотой 2,5 м, если известны следующие параметры: $\Delta = 1,05$ кг/дм³; $\rho' = 1,45$ кг/м; $q = 0,5$ кг/м³; $m = 1,1$.

Задача 50. При высоте уступа скальных пород 3,6 м и длине шпура $l_{ш} = 4,04$ м масса шпурового заряда составляет 3,5 кг. Определить диаметр шпуров и объем взрываваемой породы, приходящейся на один шпур, если $m = 1,25$ и $q = 0,48$ кг/м³.

Задача 51. Для взрывания уступа высотой 2,6 м пород средней крепости используются шпуровые заряды диаметром 43 мм. Определить массу шпурового заряда и выход породы на 1 м шпура, если $q = 0,9$ кг/м³; $m = 1,3$; $\Delta = 1$ кг/дм³.

Задача 52. При трехрядном расположении шпуров расстояние между шпурами в ряду 1,1 м, в каждом ряду 25 шпуров. Определить общий расход ВВ на взрывание массива пород при $H = 2,5$ м; $m = 1,1$; $q = 0,48$ кг/м³.

Задача 53. Рассчитать параметры сетки расположения шпуров W_n , a , b и определить диаметр шпуров для взрывания уступа скальных пород высотой 2,2 м, если $q = 0,6$ кг/м³; $m = 1,15$; $\Delta = 0,95$ кг/дм³, $\rho' = 2,06$ кг/м.

Задача 54. Масса шпурового заряда $Q_{ш} = 3,52$ кг, высота уступа крепких скальных пород 2,2 м, длина забойки $l_{зб} = 0,7$ м. Определить плотность заряжения, удельную вместимость шпура и диаметр шпура, если $l_n = 0,5$ м.

§ 5. Расчет параметров котловых зарядов рыхления при уступной отбойке

Метод котловых зарядов используют при значительном сопротивлении по подошве с целью сокращения объема буровых работ. Котловы шпуры и скважины целесообразно использовать при производстве взрывов сосредоточенных зарядов в породах с показателем простреливаемости $\Pi_{пр} \geq 5$ дм³/кг. Показатель простреливаемости — отношение объема котловой полости, образованной взрывом, к массе прострелоч

Таблица 5

Горная порода	Расчетный показатель прореливаемости $P_{пр}$, дм ³ /кг	Удельный расход ВВ на прореливание $Q_{п}$, кг/м ³	Группа пород по СНиПу
Глина пластичная, моренная	1100	1	II
Глина черная	500	2	III
Глина моренная	330	3	III
Глина желто-бурая, жирная	250	4	III
Глина темно-красная, жирная	210	4,8	III
Мергель мягкий, сильно трещиноватый	200	5	IV
Мергель мягкий трещиноватый	140	7,1	IV
Глина ломовая, темно-синяя	120	8,4	IV
Суглинок тяжелый, глина песчанистая	110	9,1	IV
Мел мягкий, известняк-ракушечник	45	22	V
Мергель средней крепости, доломит мергелистый, известняк мягкий, сильно трещиноватый	20	50	V – VI
Гипс плотный, сланцы глинистые, крепкие, гранит сильно трещиноватый, известняк средней трещиноватости	10	100	VI – VIII

ного заряда. В табл. 5 даны средние значения показателя прореливаемости.

Параметры котловых зарядов рыхления (рис. 5) рассчитываются по следующим формулам.

Масса котлового заряда рыхления

$$Q_k = qW^3, \quad (II. 24)$$

где q – удельный расход ВВ на рыхление, кг/м³; W – линия наименьшего сопротивления (ЛНС), м,

$$W = 0,8H, \quad (II. 25)$$

где H – высота взрываемого уступа, м.

Диаметр котла

$$D_k = 1,24 \sqrt[3]{Q_k / \Delta}, \quad (II. 26)$$

где Δ – плотность заряжания, кг/дм³.

Масса котлового заряда по вместимости котла

$$Q_k = V_k \Delta. \quad (II. 27)$$

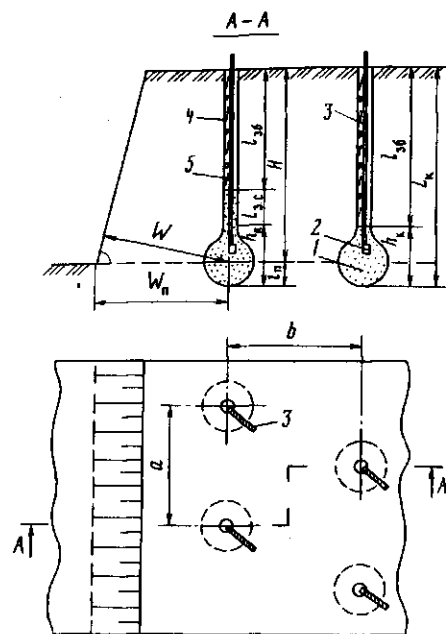


Рис. 5. Схема расположения котловых зарядов при уступной отбойке. 1 — котловый заряд; 2 — боевой заряд; 3 — детонационный отрезок; 4 — котловая скважина; 5 — забойка; а — расстояние между котловыми зарядами в ряду; b — расстояние между рядами котловых зарядов; H — высота уступа; $l_{з.п}$ — длина перебура; h_k — высота котла; $l_{з.с}$ — длина заряда в скважине; $l_{з.п}$ — длина забойки; W — линия наименьшего сопротивления; W_p — линия сопротивления по подошве; α — угол откоса уступа; L_k — длина котловой скважины

Объем котловой полости (дм³)

$$V_k = Q_k / \Delta. \quad (II. 29)$$

В случае размещения заряда в котле и в скважине его масса (кг) определяется по формуле

$$Q_{к.с} = Q_k + \rho' l_{з.с} = V_k \Delta + \rho' l_{з.с}. \quad (II. 30)$$

где $l_{з.с}$ — длина заряда в котловой скважине, м.

В зависимости от технических требований к результатам взрыва и свойств взрываемых грунтов $l_{з.с} = (0,2 \div 0,6) L_k$.

Длина котловой скважины

$$L_k = H + h_k / 2, \quad (II. 31)$$

где h_k — высота (диаметр) котла, м.

Масса прострелочного заряда

$$Q_n = \frac{Q_k}{\pi_{пр} \Delta}, \quad (II. 32)$$

где $\pi_{пр}$ — показатель простреливаемости, дм³/кг (см. табл. 5).

Показатель простреливаемости

$$\pi_{пр} = V'_k / Q_n, \quad (II. 32)$$

где V'_k — объем котловой полости за вычетом объема скважины по высоте котла, дм³.

$$V'_k = V_k - V_{к.с} = V_k - 0,785 d^2 h_k. \quad (II. 33)$$

где $V_{к.с}$ — объем скважины по высоте котла, дм³; d — диаметр скважины, дм; h_k — высота котла (прострелочного заряда), дм.

Масса прострелочного заряда при известном удельном расходе ВВ на простреливание q_n (см. табл. 5)

$$Q_n = q_n V_k. \quad (II. 34)$$

При образовании удлиненных котлов масса прострелочного заряда

$$Q_n = 0,785 d^2 \Delta l_k. \quad (II. 35)$$

где l_k — длина (высота) котла, м.

При известной высоте (длине) котла масса первого прострелочного заряда Q_n может быть определена по вместимости простреливаемой скважины:

$$Q_n = \rho' l_{з.п}. \quad (II. 36)$$

где $l_{з.п}$ — длина прострелочного заряда в скважине, м, $l_{з.п} = 1,5 D_k$.

Расстояние между котловыми зарядами в ряду

$$a = m W, \quad (II. 37)$$

где m — относительное расстояние между зарядами, $m = 0,9 \div 1,4$.

Пример 21. При взрыве прострелочного заряда массой $Q_n = 15$ кг в мягком меле образовалась котловая полость объемом $V'_k = 2$ м³. Определить значение показателя простреливаемости при $d = 100$ мм и $h_k = 2$ м.

Решение. 1. Определяем объем скважины по высоте котла, используя формулу (II. 33)

$$V_{к.с} = 0,785 d^2 h_k = 0,785 \cdot 1 \cdot 20 = 15,7 \text{ дм}^3.$$

2. Определяем объем котловой полости за вычетом объема скважины, используемого для размещения прострелочного заряда

$$V'_k = V_k - V_{к.с} = 2000 - 15,7 = 1984,3 \text{ дм}^3.$$

3. По формуле (II. 32) определяем показатель простреливаемости

$$\pi_{пр} = V'_k / Q_n = 1984,3 / 15 = 132,3 \text{ дм}^3 / \text{кг}.$$

Пример 22. Определить массу котлового и прострелочного зарядов

при взрывании уступа известняка-ракушечника высотой $H = 15$ м при $q = 0,5$ кг/м³ и $\Delta = 0,83$ кг/дм³.

Решение. 1. По формуле (II. 25) находим значение ЛНС

$$W = 0,8H = 0,8 \cdot 15 = 12 \text{ м.}$$

2. Определяем по формуле (II. 24) массу котлового заряда

$$Q_k = qW^3 = 0,5 \cdot 12^3 = 864 \text{ кг.}$$

3. По формуле (II. 31) определяем массу прострелочного заряда

$$Q_n = \frac{Q_k}{P_{пр} \Delta} = \frac{864}{45 \cdot 0,85} = 22,59 \approx 22 \text{ кг.}$$

По табл. 5 находим $P_{пр} = 45$ дм³/кг.

Пример 23. Рыхление уступа доломитизированных известняков высотой 10 м осуществляется котловыми зарядами. Котловые полости образуются в подстилающем пропластке глин мощностью 0,8 м, удельный расход ВВ на простреливание $q_n = 50$ кг/м³. Относительное расстояние между зарядами $m = 1,2$. Дополнительный заряд располагается в верхней части скважины диаметром $d = 150$ мм; плотность заряжения котла $\Delta = 0,8$ кг/дм³; плотность заряжения в скважине $\Delta = 0,9$ кг/дм³.

Взрывание однорядное. Длина взрываемого участка $L_y = 288$ м. Определить W , Q_k , Q_n , a , объем буровых работ, общую массу зарядов в котловой скважине.

Решение. 1. Определяем величину ЛНС

$$W = 0,8H = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ м.}$$

2. Определяем массу котлового заряда

$$Q_k = qW^3 = 0,5 \cdot 8^3 = 256 \text{ кг.}$$

3. Находим длину котловой скважины, принимая высоту котла, равную мощности пропластка глин 0,8 м.

$$L_k = H + h_k/2 = 10 + 0,8/2 = 10,4 \text{ м.}$$

4. Расстояние между котловыми скважинами в ряду

$$a = mW = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ м.}$$

5. Объем котловой полости

$$V_k = Q_k/\Delta = 256/0,8 = 320 \text{ дм}^3 = 0,32 \text{ м}^3.$$

6. Масса прострелочного заряда

$$Q_n = q_n V_k = 50 \cdot 0,32 = 16 \text{ кг.}$$

7. Длина дополнительного заряда в скважине

$$l_{з.с} = 0,3 \cdot 10,4 = 3,12 \text{ м.}$$

8. Общая масса заряда в котловой скважине

$$Q_{к.с} = Q_{к} + \rho' l_{з.с} = 256 + 15,9 \cdot 3,12 = 305,6 \text{ кг.}$$

9. Требуемое число котловых скважин

$$N_c = L_v/a - 1 = \frac{288}{9,6} - 1 = 29.$$

10. Объем буровых работ

$$L_b = N_c L_k = 29 \cdot 10,4 = 301,6 \text{ м.}$$

Задача 55. Определить массу прострелочного заряда в моренной глине для образования котла, вмещающего заряд массой 340 кг с плотностью заряжения 0,92 кг/дм³.

Задача 56. При взрыве прострелочного заряда массой 12 кг при $\Delta = 0,9 \text{ кг/дм}^3$ в скважине диаметром 105 мм образовался котел объемом 960 дм³. Определить значение показателя простреливаемости и вместимость котла по ВВ, если плотность заряжения основного котлового заряда составляет 0,86 кг/дм³.

Задача 57. При взрывании пород с удельным расходом на простреливание $q_n = 12 \text{ кг/м}^3$ масса основного котлового заряда составляет 480 кг при высоте уступа 11 м, $W_n = 7 \text{ м}$, $a = 9 \text{ м}$. Определить суммарный удельный расход ВВ на рыхление q_c и объем котла, если плотность заряжения составляет 0,88 кг/дм³.

Задача 58. При взрывании мягких трещиноватых мергелей используют котловые шпурь. Высота взрываемого уступа 4 м, вместимость шпура при $\Delta = 0,9 \text{ кг/дм}^3$ равна 1,57 кг/м. Определить параметры буровзрывных работ W , a , V_k , массу зарядов Q_k и Q_n , если удельный расход ВВ на рыхление составляет 0,3 кг/м³, на простреливание 50 кг/м³, а относительное расстояние между зарядами $m = 1,25$.

Задача 59. Котловые скважины диаметром 120 мм используют для взрывания пород, $P_{пр} = 90 \text{ дм}^3/\text{кг}$. Высота взрываемого уступа 9 м. Определить объем котла и массу прострелочного заряда при удельном расходе ВВ на рыхление $q = 0,35 \text{ кг/м}^3$; $\Delta = 1 \text{ кг/дм}^3$, если часть основного заряда размещается на 1,2 м в скважине выше котла.

§ 6. Расчет параметров камерных зарядов

Массу одиночных камерных зарядов (рис. 6) определяют по формуле (II. 24). При серийном взрывании массу камерного заряда рыхления определяют по формуле

$$Q_{к.з} = qW^3 (0,5 + 0,4m) \quad (II. 37)$$

Для камерных зарядов линия наименьшего сопротивления (ЛНС) $W = (0,6 \div 0,9) H$, относительное расстояние между зарядами $m = 0,9 \div 1,4$.

Объем зарядной камеры

$$V_{кр} = K_y Q_{к.з} / \Delta, \quad (II. 38)$$

где $K_y = 1,1 \div 1,6$ — коэффициент увеличения объема зарядной камеры в зависимости от вида крепления и способа размещения ВВ в камере.

При различных значениях ЛНС у двух соседних зарядов расстояние между ними определяется по формуле

$$a = m \frac{W_1 + W_2}{2}, \quad (II. 39)$$

где W_1 и W_2 — значения ЛНС двух соседних зарядов, м.

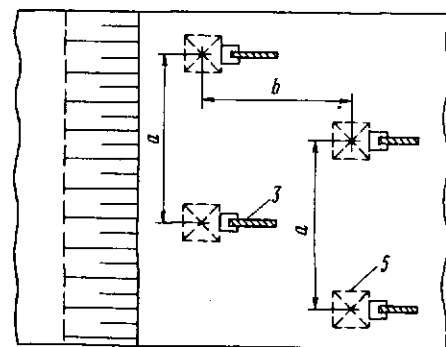
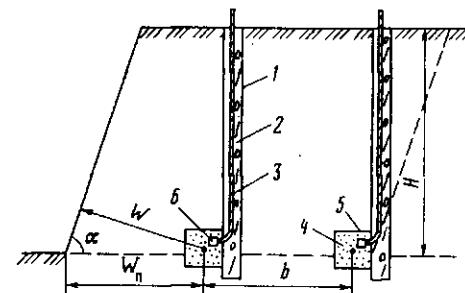


Рис. 6. Схема расположения камерных зарядов рыхления:
1 — шурф; 2 — забойка; 3 — детонирующий шнур; 4 — заряд ВВ; 5 — зарядная камера; 6 — боевик; а — расстояние между зарядами в ряду; б — расстояние между рядами камерных зарядов; α — угол откоса уступа; W_n — линия сопротивления по подошве; W — линия наименьшего сопротивления

Пример 24. При взрывании уступа кварцитов высотой $H = 18$ м используется метод камерных зарядов. Определить массу камерного заряда при серийном взрывании, если $m = 1,2$; $q = 0,6$ кг/м³; $W = 0,6H$.

Решение. 1. Определяем значения ЛНС

$$W = 0,6 \cdot 18 = 10,8 \text{ м.}$$

2. По формуле (II. 38) рассчитываем массу камерного заряда

$$Q_{к.з} = qW^3 (0,5 + 0,4m) = 0,6 \cdot 10,8^3 (0,5 + 0,4 \cdot 1,2) = 740 \text{ кг.}$$

Пример 25. Определить объем зарядных камер и расстояние между ними при взрывании уступа порфиритов высотой $H = 14$ м при $W_1 = 0,6H$, $W_2 = 10$ м, если удельный расход ВВ $q = 0,7$ кг/м³, $K_y = 1,1$; $m = 1,1$.

Решение. 1. Определяем значение ЛНС первого заряда

$$W_1 = 0,6H = 0,6 \cdot 14 = 8,4 \text{ м.}$$

2. По формуле (II. 40) находим расстояние между зарядами

$$a = m \frac{W_1 + W_2}{2} = 1,1 \frac{8,4 + 10}{2} = 10,12 \text{ м. Принимаем } a = 10,2 \text{ м.}$$

3. Рассчитываем массу первого и второго камерных зарядов

$$Q_{к1} = qW_1^3 (0,5 + 0,4m) = 0,7 \cdot 8,4^3 (0,5 + 0,4 \cdot 1,1) = 390 \text{ кг} = 0,39 \text{ т;}$$

$$Q_{к2} = 0,7 \cdot 10^3 (0,5 + 0,4 \cdot 1,1) = 658 \text{ кг} \approx 0,66 \text{ т.}$$

4. По формуле (II. 39) определяем объем зарядных камер

$$V_{к1} = K_y \frac{Q_{к1}}{\Delta} = 1,1 \frac{0,39}{0,9} = 0,476 \text{ м}^3 = 0,48 \text{ м}^3;$$

$$V_{к2} = 1,1 \frac{0,66}{0,9} = 0,807 \text{ м}^3 = 0,81 \text{ м}^3.$$

Задача 60. Взрывание гранодиоритов осуществляется методом камерных зарядов. При высоте уступа 18 м и относительном расстоянии между зарядами $m = 0,9$, расстояние между зарядами $a = 11,3$ м. Определить массу камерного заряда при серийном взрывании, если удельный расход ВВ равен 0,6 кг/м³.

Задача 61. Определить массу камерного заряда, если расстояние между зарядами $a = 12$ м, относительное расстояние между зарядами $m = 1,2$, удельный расход ВВ равен 0,55 кг/м³.

Задача 62. Определить общий объем зарядных камер $V_{к.общ}$, необходимый для взрывания 20 камерных зарядов, если коэффициент увеличения объема зарядной камеры $K_v = 1,3$, плотность заряжения $\Delta = 0,85 \text{ т/м}^3$; $W = 14 \text{ м}$; $a = 15,4 \text{ м}$; $q = 0,64 \text{ кг/м}^3$.

Задача 63. При взрывании уступа кварцитов высотой 15 м методом камерных зарядов $W = 0,6H$, $q = 0,6 \text{ кг/м}^3$. Определить общую массу 12 камерных зарядов, если расстояние между ними равно 10,8 м.

Задача 64. Определить объем зарядных камер $V_{к1}$ и $V_{к2}$ и расстояние между ними при взрывании уступа андезитов высотой 16 м $W_1 = 0,55H$; $W_2 = 9,6 \text{ м}$, если $q = 0,65 \text{ кг/м}^3$; $m = 1,05$; $K_v = 1,1$; $\Delta_1 = 0,86 \text{ т/м}^3$.

§ 7. Расчет параметров малокамерных зарядов

Для размещения зарядов при методе малокамерных зарядов (рис. 7) используются рукава сечением от $0,2 \cdot 0,2 \text{ м}$ до $0,5 \cdot 0,5 \text{ м}$. За величину W принимается длина рукава

$$W = L_p - (0,5 \div 0,85) H \leq 5 \text{ м.} \quad (II. 24)$$

Масса малокамерного заряда определяется по формуле (II. 24). Расстояние между зарядами (м) $a = (0,9 \div 1,1) W$ при $H \leq 8 \text{ м}$, $I_s = 0,3$.

При проходке рукавов взрывным способом диаметр прострелочного шнура определяют по формуле

$$d_n = d_p \sqrt{\frac{1}{\Delta n_{пр}}}, \quad (II. 25)$$

где d_p — диаметр рукава.

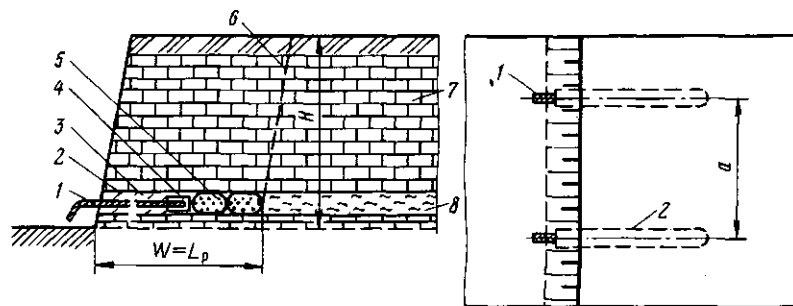


Рис. 7. Схема расположения малокамерных зарядов рыхления:

1 — детонирующий шнур; 2 — рукав; 3 — забойка; 4 — боевик; 5 — заряд; 6 — линия отрыва породы; 7 — известняк; 8 — пропласток глины; W — линия наименьшего сопротивления; a — расстояние между зарядами

Длина заряда (м) в прострелочном шпуре

$$l_{п.з} = (0,6 \div 0,7) l_{ш.}$$

где $l_{ш}$ — длина шпура.

Масса прострелочного заряда в шпуре может быть определена по формуле (II. 34).

Пример 26. Уступ известняка высотой 7 м взрывается методом малокамерных зарядов. Длина рукавов $L_p = 0,65H$, удельный расход ВВ $q = 0,55 \text{ кг/м}^3$; $m = 0,9$. Определить массу малокамерного заряда, выход взорванной массы на 1 м рукава и сечение рукава, если длина заряда $l_з = 0,3L_p$ при $\Delta = 0,7 \text{ кг/дм}^3$.

Решение. 1. Определяем величину линии наименьшего сопротивления:

$$W = 0,65H = 0,65 \cdot 7 = 4,55 \text{ м. Принимаем } W = 4,5 \text{ м.}$$

2. Находим массу малокамерного заряда

$$Q_{м.з} = qW^3 = 0,55 \cdot 4,5^3 = 50 \text{ кг.}$$

3. Объем заряда при $\Delta = 0,7 \text{ кг/дм}^3$

$$V_з = Q_{м.з} / \Delta = 50 / 0,7 = 71,4 \text{ дм}^3 \approx 72 \text{ дм}^3.$$

4. Определяем сечение рукава

$$S_p = V_з / l_з = 72 / 14 = 5,14 \text{ дм}^2,$$

где $l_з = 0,3L_p = 0,3 \cdot 45 = 13,5 \text{ дм} \approx 14 \text{ дм}$.

5. Находим расстояние между зарядами

$$a = mW = 0,9 \cdot 4,5 = 4,05 \text{ м. Принимаем } a = 4 \text{ м.}$$

6. Выход взорванной массы на 1 м рукава составит

$$V'_p = \frac{aWH}{L_p} = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 7}{4,5} = 28 \text{ м}^3/\text{м.}$$

Пример 27. При взрывании мергеля длина рукава $L_p = 3,6 \text{ м}$. Проходка рукавов осуществляется взрывным способом. Определить массу заряда, если плотность заряжания $\Delta = 0,7 \text{ кг/дм}^3$, удельный расход ВВ $q = 0,42 \text{ кг/м}^3$, показатель простреливаемости $\Pi_{пр} = 120 \text{ дм}^3/\text{кг}$, диаметр рукава $d_p = 0,32 \text{ м}$.

Решение. 1. Определяем массу малокамерного заряда

$$Q_{м.з} = qW^3 = 0,42 \cdot 3,6^3 = 19,6 \text{ кг. Принимаем } Q_{м.з} = 20 \text{ кг.}$$

Задача 65. Определить массу малокамерного заряда при рыхлении уступа высотой 5,4 м, если длина рукава $L_p = 0,65H$, удельный расход ВВ равен $0,56 \text{ кг/м}^3$.

Задача 66. Определить общий объем проходки рукавов $L_{р.общ}$ общую массу зарядов $Q_{общ}$ при рыхлении известняка методом малокамерных зарядов, если $H = 6$ м, $W = 0,7H$, $m = 0,95$, $q = 0,54$ кг/л. Длина взрывающего участка 120 м.

Задача 67. При взрывании уступа мергеля высотой $H = 4$ м рукавом диаметром $d_p = 0,28$ м, длиной $0,7H$ проходят взрывным способом. Определить массу и диаметр прострелочного заряда при плотной зарядке $0,85$ кг/дм³, если $\rho_{пр} = 90$ дм³/кг, а длина заряда в шпуровнике равна $0,7l_{ш}$.

Задача 68. В гипсовом карьере уступ высотой 6,4 м взрывают методом малокамерных зарядов. Удельный расход ВВ равен 0,38 кг/л, расстояние между зарядами составляет 4,5 м при $m = 1$. Определить общий объем проходки рукавов $L_{р.общ}$ и общий расход ВВ $Q_{общ}$ при взрывании блока гипса длиной 90 м.

§ 8. Расчет параметров зарядов при вторичном дроблении пород

Ликвидация порогов, дробление негабаритных кусков породы, мерзлоты, валунов проводится наружными (накладными и кумулятивными) зарядами (рис. 8).

Масса наружного заряда Q_n определяется по формуле

$$Q_n = q_n V_n, \quad (II)$$

где q_n — удельный расход ВВ при методе наружных зарядов, кг/м³; V_n — объем негабарита (валуна), м³.

Удельный расход аммонита БЖВ $q_n = 0,7 \div 2,4$ кг/м³, гранулированных ВВ $q_n = 1 \div 3$ кг/м³; при использовании кумулятивных зарядов $q_n = 0,4 \div 1,1$ кг/м³.

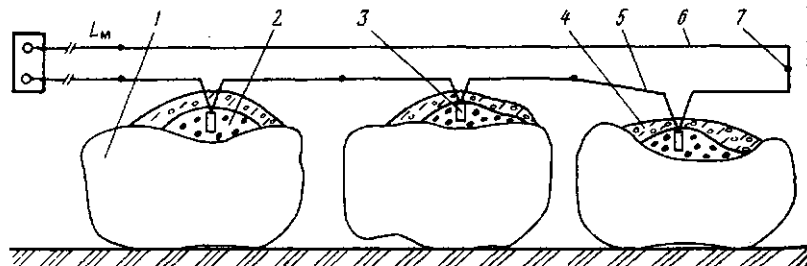


Рис. 8. Схема размещения наружных зарядов при дроблении негабарита: 1 — негабарит; 2 — наружный заряд ВВ; 3 — электродетонатор; 4 — забойка; 5 — детонаторные провода; 6 — соединительные провода; 7 — места соединения проводов

Пример 28. На дробление одного негабаритного куска диорита объемом 2 м^3 расходуется 3 кг аммонита 6ЖВ. Определить расход ВВ на дробление 40 кусков негабарита ($n_k = 40$), если средний объем одного куска $V_{\text{ср}} = 2,5 \text{ м}^3$.

Решение. 1. Определяем удельный расход аммонита 6ЖВ.

$$q_n = Q_n / V_n = 3/2 = 1,5 \text{ кг/м}^3.$$

2. Определяем общий расход аммонита 6ЖВ на дробление 40 кусков негабарита

$$Q_{\text{общ}} = n_k V_{\text{ср}} q_n = 40 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 150 \text{ кг.}$$

При дроблении негабарита шпуровыми зарядами удельный расход аммонита 6ЖВ составляет $0,15 \div 0,5 \text{ кг/м}^3$.

Длина шпура равна $0,3 \div 0,5$ толщины куска негабарита, но не менее 0,15 м. Масса шпурового заряда при дроблении негабарита

$$Q_{\text{н.ш}} = q_{\text{ш}} V_{\text{н}} \quad (II. 44)$$

где $q_{\text{ш}}$ — удельный расход ВВ при дроблении негабарита шпуровыми зарядами, кг.

Для дробления крупных негабаритных кусков используется несколько шпуровых зарядов. В этом случае масса одного шпурового заряда

$$Q_{1\text{ш}} = Q_{\text{н.ш}} / n_{\text{ш}} \quad (II. 45)$$

где $n_{\text{ш}}$ — число шпуров в куске негабарита.

Пример 29. Определить массу одного шпурового заряда и общий объем бурения шпуров при взрывании негабаритного куска гранита (рис. 8) объемом $V_n = 6 \text{ м}^3$, толщина (высота) негабарита $h_n = 2 \text{ м}$,

$l_{\text{ш}} = 0,4h_n$, число шпуров $n_{\text{ш}} = 7$ шт; $q_{\text{ш}} = 0,315 \text{ кг/м}^3$.

Решение. 1. Определяем общую массу шпуровых зарядов для дробления гранитного негабарита

$$Q_{\text{н.ш}} = q_n V_n = 0,315 \cdot 6 = 1,89 \text{ кг.}$$

2. Масса заряда в одном шпуре

$$Q_{1\text{ш}} = Q_{\text{н.ш}} / n_{\text{ш}} = 1,89/7 = 0,27 \text{ кг.}$$

3. Длина шпура

$$l_{\text{ш}} = 0,4h_n = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ м.}$$

4. Общий объем буровых работ

$$L_6 = n_{\text{ш}} l_{\text{ш}} = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ м.}$$

Задача 69. Определить массу наружного заряда для взрывания негабарита объемом $V_n = 4 \text{ м}^3$ при удельном расходе гранулированных ВВ $q_n = 2 \text{ кг/м}^3$.

Задача 70. Дробление негабарита объемом 9 м^3 осуществляется четырьмя накладными зарядами. Определить массу одного накладного заряда при $q_n = 1,6 \text{ кг/м}^3$.

Задача 71. Общий расход ВВ на дробление негабарита $V_n = 8 \text{ м}^3$ шпуровыми зарядами составил $3,2 \text{ кг}$. Определить $q_{ш}$ и число шпуровых зарядов, если $Q_{1ш} = 0,8 \text{ кг}$.

Задача 72. При дроблении негабарита объемом 5 м^3 масса одного шпурового заряда $Q_{1ш} = 0,3 \text{ кг}$, $q_{ш} = 0,24 \text{ кг/м}^3$. Определить число взрывааемых шпуров.

Задача 73. Длина шпура $l_{ш} = 0,3h_n$. Общий объем буровых работ $L_b = 1,8 \text{ м}$. Число шпуров $n_{ш} = 4$. Определить длину шпура и толщину негабарита.

Задача 74. Для дробления валуна объемом $V_n = 5 \text{ м}^3$ используются кумулятивные заряды ЗКН-КЗ-1000 массой 1 кг . Определить число зарядов для разрушения негабарита при $q_n = 0,8 \text{ кг/м}^3$.

§ 8. Расчет параметров шпуровых и скважинных зарядов рыбления при проходке траншей

При проходке траншей (рис. 9) в скальных и мерзлых грунтах шпуровой метод рекомендуется использовать при глубине траншеи до $1,2 \text{ м}$ при диаметре шпуров до 42 мм и до 2 м при диаметре шпуров до 60 мм . При глубине траншеи более 2 м во всех случаях должен применяться метод скважинных зарядов.

Формулы для определения расчетных параметров буровзрывных работ при проходке траншей имеют одинаковую структуру и могут использоваться для расчета шпуровых и скважинных зарядов.

Расстояние между шпурами (скважинами) в ряду

$$a = m \sqrt{\rho' T q}, \quad (\text{II. 46})$$

где ρ' — вместимость шпура (скважины), кг/м ; q — удельный расход ВВ, кг/м^3 ; m — относительное расстояние между зарядами в ряду; для крепких пород $m = 0,8$, для пород средней крепости $m = 0,9$.

Расстояние между рядами скважин в крепких породах $b = 0,8a$, в породах средней крепости $b = 0,9a$.

Общая масса зарядов ВВ при взрывании участка траншеи

$$Q_T = q \frac{B_T + b_T}{2} H_T l_T, \quad (\text{II. 47})$$

где b_T — ширина траншеи по дну; B_T — ширина траншеи по верху; H_T — глубина траншеи; l_T — длина траншеи.

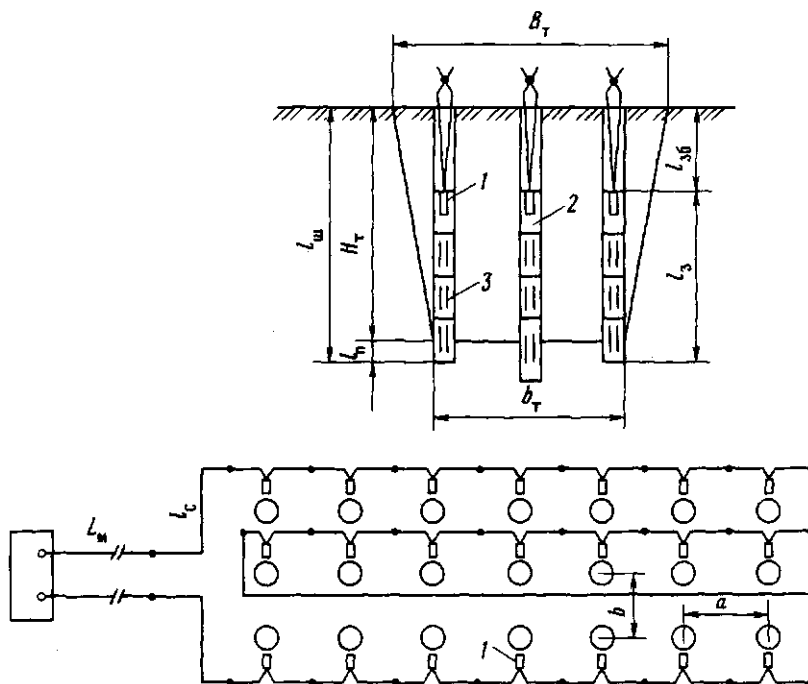


Рис. 9. Схема расположения шпуров при проходке траншеи:

a — расстояние между шпурами в ряду; b — расстояние между рядами шпуров; H_T — глубина траншеи; b_T — ширина траншеи по дну; B_T — ширина траншеи по верху; $l_{ш}$ — длина шпура; $l_{з}$ — длина заряда; $l_{зб}$ — длина забойки; $l_{п}$ — длина перебура; $l_{с}$ — длина соединительных проводов; L_M — длина магистрали; 1 — электродетонатор; 2 — патрон-боевик; 3 — заряд из патронированных ВВ

Длина забойки, принятая для решения примеров и задач,

$$l_{зб} = 20d,$$

где d — диаметр заряда.

Масса скважинного заряда по вместимости определяется по формуле (II. 8), длина скважины — по формуле (II. 10).

При отсутствии справочных данных вместимость 1 м шпура определяют по формуле

$$\rho' = 0,785 d^2 \Delta, \quad (II. 48)$$

где d — диаметр шпура; Δ — плотность заряжения.

Число взрывааемых скважин

$$N_c = Q_T / Q_c, \quad (II. 49)$$

где Q_c — масса скважинного заряда, кг.

Таблица 6

ВВ и СВ	Глубина траншеи, м	Расход ВМ в зависимости от группы грунтов по СНиПу			
		VII	VIII	IX	X
Аммонит 6 ЖВ, кг	1,5	11	18	20	21
	2	11	15	17	19
Электродетонаторы, шт	1,5	11	14	15	17
	2	8	9	10	11
Электропровод, м	1,5	53	62	68	72
	2	46	46	52	65

Таблица 7

ВВ и СВ	Глубина траншеи, м	Расход материалов в зависимости от группы грунтов по СНиПу			
		VII	VIII	IX	X
Аммонит 6ЖВ, кг	3	17	19	21	23
	4	16	18	20	21
Детонирующий шнур, м	3	10	10	10	10
	4	6	6	6	6
Электропровод, м	3	19	19	19	19
	4	11	11	11	11
Электродетонаторы, шт	3	0,1	0,1	0,1	0,1
	4	0,1	0,1	0,1	0,1

Примечание. При взрывании объемов грунта до 100 м^3 в расчетах принимается один ЭД.

Удельный расход взрывчатых веществ (ВВ) и средств взрывания (СВ) на 10 м^3 грунта при электрическом взрывании шпуровых зарядов $d = 42 \text{ мм}$ в траншеях при $b_T = 1,5 \div 3 \text{ м}$ приведен в табл. 6.

Удельный расход ВВ и СВ на 10 м^3 грунта при взрывании скважинных зарядов $d = 110 \text{ мм}$ детонирующим шнуром в траншеях при $b_T = 1,5 \div 3 \text{ м}$ приведен в табл. 7.

Длина перебура шпуров и скважин в скальных и вечномерзлых грунтах $l_n = 15d_s$.

Глубина шпуров и скважин при рыхлении сезонной мерзлоты

$$l_{ш} = 0,9h_{м} \quad (11.50)$$

где $h_{м}$ — мощность слоя мерзлоты.

Удельный расход ВВ на рыхление вечномерзлых грунтов при проходке траншей приведен в табл. 8.

Таблица 8

Группа грунтов по СНиПу	Группа грунтов по взрываемости	Характеристика грунтов	Расчетный удельный расход ВВ (аммонит 6ЖВ) при рыхлении, кг/м ³
Iм	Легковзрываемые	Растительный слой, торф, заторфированные грунты $\gamma_M \leq 1200 \text{ кг/м}^3$, суглинки, глины, супеси, пески, лесс, солончаки без примесей $\gamma_M = 1600 \div 1800 \text{ кг/м}^3$, сильнольдистые $i \geq 0,4$	0,4–0,5
IIм	Средневзрываемые	Пески, супеси, глины, суглинки с включением гравия, гальки или щебня до 20 %, лесс и глины без примесей $\gamma_M = 1800 \div 2000 \text{ кг/м}^3$, торф с древесными остатками $\gamma_M = 900 \div 1200 \text{ кг/м}^3$, льдистые и сильнольдистые	0,5–0,7
IIIм	Трудновзрываемые	Пески, супеси, глины, суглинки с включением гальки, щебня, гравия более 20 %, $\gamma_M = 2100 \text{ кг/м}^3$, то же супеси $\gamma_M \geq 1700 \text{ кг/м}^3$, льдистые и слабольдистые	0,7–0,9
IVм	Весьма трудно-взрываемые	Тугопластичные и твердые суглинки и глины с примесью щебня, гравия, гальки $\gamma_M \geq 1800 \text{ кг/м}^3$, слабольдистые	0,9–1,1

Пример 30. При проходке траншеи длиной $l_T = 160 \text{ м}$, глубиной $H_T = 2 \text{ м}$, шириной по дну $b_T = 2 \text{ м}$, по верху $B_T = 3 \text{ м}$ в грунтах VIII группы по СНиПу используются шпуровые заряды $d = 42 \text{ мм}$ с плотностью заряжения аммонитом 6ЖВ $\Delta = 0,9 \text{ кг/дм}^3$.

Определить удельный расход ВВ, расстояние между шпурами в ряду и между рядами шпуров, число шпуров, объем взрываемого грунта, общую массу заряда в одном шпуре.

Решение. 1. По табл. 4 и 6 определяем удельный расход аммонита 6ЖВ и вместимость 1 м шпура $q = 1,5 \text{ кг/м}^3$, $\rho' = 1,24 \text{ кг/м}$.

2. Расстояние между шпурами в ряду

$$a = m \sqrt{\rho' / q} = 0,9 \sqrt{1,24 / 1,5} = 0,81 \text{ м. Принимаем } a = 0,8 \text{ м.}$$

3. Расстояние между рядами шпуров

$$b = 0,8a = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ м. Принимаем } b = 0,65 \text{ м.}$$

4. Число рядов шпуровых зарядов

$$n_{\text{р.ш}} = \frac{b_T}{b} + 1 = \frac{2}{0,65} + 1 = 4.$$

5. Число шпуров в одном ряду

$$n_{\text{ш}}' = \frac{l_{\text{T}}}{a} + 1 = \frac{160}{0,8} + 1 = 201.$$

6. Число шпуров на взрывание траншеи

$$N_{\text{ш}} = n_{\text{р.ш}} n_{\text{ш}}' = 4 \cdot 201 = 804.$$

7. Объем взрываваемого грунта в траншее

$$V_{\text{T}} = \frac{B_{\text{T}} + b_{\text{T}}}{2} H_{\text{T}} l_{\text{T}} = 2 \cdot 160 \frac{3 + 2}{2} = 800 \text{ м}^3.$$

8. Общая масса шпуровых зарядов на взрывание траншеи

$$Q_{\text{T}} = q \frac{B_{\text{T}} + b_{\text{T}}}{2} H_{\text{T}} l_{\text{T}} = 1,5 \frac{3 + 2}{2} 2 \cdot 160 = 1200 \text{ кг}.$$

9. Масса заряда в одном шпуре

$$Q_{\text{ш}} = Q_{\text{T}} / N_{\text{ш}} = 1200 / 804 = 1,5 \text{ кг}.$$

Пример 31. Для проходки траншеи в вечномёрзлых грунтах категории IVм используются скважинные заряды $d = 110$ мм. Параметры траншеи: $b_{\text{T}} = 3$ м, $B_{\text{T}} = 4,6$ м, $H_{\text{T}} = 4$ м, $l_{\text{T}} = 200$ м. Плотность заряжания $\Delta = 1$ кг/дм³, $q = 1,05$ кг/м³; $m = 1,1$.

Определить объем взрываваемых вечномёрзлых грунтов, расстояние между скважинами в ряду и между рядами скважин, общую массу скважинных зарядов рыхления, массу и длину скважинного заряда.

Решение. 1. Определяем объем взрываваемых вечномёрзлых грунтов

$$V_{\text{T}} = \frac{B_{\text{T}} + b_{\text{T}}}{2} H_{\text{T}} l_{\text{T}} = \frac{4,6 + 3}{2} 4 \cdot 200 = 3040 \text{ м}^3.$$

2. Общая масса скважинных зарядов в траншее

$$Q_{\text{T}} = q V_{\text{T}} = 1,1 \cdot 3040 = 3344 \text{ кг}.$$

3. Расстояние между зарядами в ряду

$$a = m \sqrt{\rho' / q} = 1,1 \sqrt{9,5 / 1,05} = 3,3 \text{ м}.$$

Значение ρ' определено по табл. 3.

4. Расстояние между рядами скважин для вечномёрзлых грунтов

$$b = 0,8a = 0,8 \cdot 3,3 = 2,64 \text{ м}. \text{ Принимаем } b = 2,5 \text{ м}.$$

Число рядов скважин — два.

5. Число скважин в ряду

$$n_{\text{с}}' = l_{\text{T}} / a = 200 / 3,3 + 1 = 61.$$

6. Общее число скважин при взрывании траншеи

$$N_c = 2 \cdot 61 = 122.$$

7. Масса скважинного заряда рыхления

$$Q_c = Q_T / N_c = 3344 / 122 = 27,4 \text{ кг.}$$

8. Длина скважинного заряда

$$l_z = Q_c / \rho' = 27,4 / 9,5 = 2,9 \text{ м.}$$

Задача 75. При проходке траншеи в грунтах категории IX по СНиПу используются шпуровые заряды $d = 36$ мм при плотности заряжания $\Delta = 0,95$ кг/м³, $m = 0,8$, $q = 2$ кг/м³. Параметры траншеи: $b_T = 1,6$ м, $H_T = 1,5$ м, $B_T = 2$ м, $l_T = 300$ м. Определить объем взрываемого грунта, общую массу шпуровых зарядов и расстояние между шпурами.

Задача 76. На проходку траншеи длиной $l_T = 150$ м площадью сечения $S = 4$ м² в крепких скальных грунтах методом шпуровых зарядов было израсходовано 1200 кг ВВ. Определить объем взорванной массы в траншее и удельный расход ВВ.

Задача 77. При проходке траншеи глубиной 2 м в скальных грунтах, категории X по СНиПу было израсходовано 3400 кг ВВ. Определить объем взорванной массы грунта и число шпуров при массе одного шпурового заряда $Q_{ш} = 4$ кг.

Задача 78. При проходке траншеи длиной $l_T = 300$ м, площадью сечения 5 м² в грунтах категории IX по СНиПу используются шпуровые заряды $d = 46$ мм, $\Delta = 0,9$ кг/дм³, $H_T = 2$ м, $m = 0,85$. Определить удельный расход ВВ, расстояние между шпурами в ряду, объем взрываемого грунта в общую массу шпуровых зарядов.

Задача 79. Для проходки траншеи в вечномерзлых грунтах категории IIIм используется однорядное взрывание скважинных зарядов $d = 110$ мм. Параметры траншеи: $b_T = 2$ м, $H_T = 3$ м, $B_T = 3$ м, $l_T = 600$ м. Плотность заряжания $\Delta = 0,9$ кг/м³; $q = 0,8$ кг/м³; $a = 2,8$ м; $m = 1$. Определить объем взрываемых вечномерзлых грунтов, расстояние между скважинами в ряду, общую массу скважинных зарядов рыхления, массу и длину скважинного заряда.

Задача 80. На проходку траншеи глубиной $H_T = 5$ м, площадью сечения 20 м², $l_T = 500$ м израсходовано 17 т ВВ. Определить объем взорванной массы и удельный расход ВВ.

Задача 81. Для рыхления слоя сезонной мерзлоты мощностью 1,5 м используют шпуровые заряды $d = 40$ мм с плотностью заряжания $\Delta = 0,9$ кг/м³, $m = 1$, $q = 0,8$ кг/м³. Определить длину шпуров, расстояние между шпурами в ряду, общую массу шпуровых зарядов, если площадь взрываемого слоя мерзлоты в траншее составляет 400 м².

Задача 82. При проходке траншеи глубиной 3,5 м, шириной по дну 3 м в вечномерзлых грунтах используются скважинные заряды $d =$

= 100 мм. Плотность заряжения $\Delta = 0,9 \text{ кг/дм}^3$, $q = 0,9 \text{ кг/м}^3$, $b = 0,8a$, $m = 1$. Объем взрывааемых грунтов в траншее $V_T = 2800 \text{ м}^3$. Определить общую массу скважинных зарядов, расстояние между шпурами в ряду и число рядов скважин, число скважин и массу одного скважинного заряда.

Задача 83. При проходке траншеи в скальных грунтах используются скважинные заряды $d = 120 \text{ мм}$, $\Delta = 1,1 \text{ кг/дм}^3$. Длина заряда $l_3 = 6 \text{ м}$, число зарядов $N_c = 220$. Определить общую массу скважинных зарядов и объем взрывааемых скальных пород, если $q = 1,6 \text{ кг/м}^3$.

Глава III

ОГНЕВОЕ ВЗРЫВАНИЕ

При огневом взрывании инициирование зарядов осуществляется с использованием зажигательной трубки. Зажигательная трубка представляет собой отрезок огнепроводного шнура (ОШ), закрепленный в капсуле-детонаторе (КД). Огневое взрывание имеет ограниченное применение на открытых горных работах из-за целого ряда недостатков.

§ 10. Определение длины зажигательной трубки

Длина отрезка огнепроводного шнура зажигательной трубки

$$L_T = (N_{\text{ОШ}} t_3 + T) V_{\text{ОШ}} \quad (\text{III. 1})$$

где $N_{\text{ОШ}}$ — число огнепроводных шнуров, поджигаемых взрывником; t_3 — время зажигания одного отрезка шнура, с; в зависимости от размещения зарядов и условий передвижения $t_3 = 5 \div 10 \text{ с}$; $T \geq 60 \text{ с}$ — время отхода взрывника в безопасное место; $V_{\text{ОШ}}$ — скорость горения огнепроводного шнура, см/с, обычно $V_{\text{ОШ}} = 1 \text{ см/с}$; L_T — длина зажигательной трубки, см.

Длина контрольной трубки (см)

$$L_K = L_T - TV_{\text{ОШ}} \quad (\text{III. 2})$$

По условиям безопасности $L_T \geq L_K + 60$.

По условиям безопасности длина зажигательной трубки в любом случае должна быть не менее 1 м. Предельная длина зажигательной трубки 10 м. При длине зажигательных трубок более 4 м их дублируют.

Число инициируемых зарядов при огневом взрывании

$$N_{\text{ОШ}} = \frac{\frac{L_T}{V_{\text{ОШ}}} - T}{t_3} \quad (\text{III. 3})$$

Расход огнепроводного шнура на взрывание серии зарядов

$$L_{\text{ОШ}} = N_{\text{ОШ}} L_{\text{T}} + L_{\text{K}} + 0,1 n_{\text{K}}, \quad (\text{III. 4})$$

где n_{K} — число расходуемых кругов на изготовление зажигательных и контрольных трубок,

$$n_{\text{K}} = \frac{N_{\text{ОШ}} L_{\text{T}} + L_{\text{K}}}{10}. \quad (\text{III. 6})$$

Пример 32. Определить длину зажигательных трубок для взрывания 12 шпуровых зарядов при затрате времени на поджигание одной зажигательной трубки $t_3 = 6$ с и времени отхода взрывника в укрытие $T = 70$ с. Скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Решение. По формуле (III. 1) определяем длину зажигательной трубки

$$L_{\text{T}} = (N_{\text{ОШ}} t_3 + T) V_{\text{ОШ}} = (12 \cdot 6 + 70) \cdot 1 = 142 \text{ см. Принимаем } L_{\text{T}} = 1,5 \text{ м.}$$

Пример 33. Определить расход огнепроводного шнура на взрывание серии из 60 зарядов, если время на воспламенение одной зажигательной трубки $t_3 = 7$ с, время отхода взрывников в укрытие $T = 70$ с. Скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Решение. 1. Определяем длину зажигательной трубки

$$L_{\text{T}} = (N_{\text{ОШ}} t_3 + T) V_{\text{ОШ}} = (60 \cdot 7 + 70) \cdot 1 = 490 \text{ см.}$$

2. Находим длину контрольной трубки

$$L_{\text{K}} = L_{\text{T}} - T V_{\text{ОШ}} = 490 - 70 \cdot 1,0 = 420 \text{ см.}$$

3. Так как зажигательные трубки при длине $L_{\text{T}} = 4,9$ м дублируются, то по видоизмененной формуле (III. 6) находим число расходуемых кругов огнепроводного шнура

$$n_{\text{K}} = \frac{2 N_{\text{ОШ}} L_{\text{T}} + L_{\text{K}}}{10} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 4,9 + 4,2}{10} = 58,8. \text{ Принимаем } 60 \text{ кругов.}$$

Задача 84. Определить длину зажигательных трубок для взрывания 18 шпуровых зарядов при затрате времени на поджигание одной зажигательной трубки $t_3 = 7$ с и времени отхода взрывника в укрытие $T = 80$ с. Скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Задача 85. При испытании огнепроводного шнура установлена скорость горения 0,9 см/с. Определить длину зажигательных трубок для взрывания 22 наружных зарядов, если время на поджигание одной зажигательной трубки 8 с, время отхода взрывника в укрытие 75 с.

Задача 86. Огнем способом необходимо взорвать 40 зарядов. Скорость горения огнепроводного шнура 1,1 см/с. Время на воспламенение двух зажигательных трубок в одном заряде равно 10 с, время отхода взрывника в укрытие $T = 70$ с. Определить длину зажигательных трубок.

Задача 87. На поджигание одной зажигательной трубки контрольного отрезком взрывника тратит 5 с. Число поджигаемых зажигательных трубок $N_{\text{ОШ}} = 26$. Скорость горения огнепроводного шнура 1 см/с. Время отхода взрывника в укрытие равно 65 с. Определить длину зажигательных и контрольной трубок.

Задача 88. При взрывании 25 зарядов огнем способом длина контрольной трубки составляет 2 м. Определить минимальную длину зажигательных трубок при $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Задача 89. При огневом взрывании 28 зарядов время на поджигание одной зажигательной трубки составляет 8 с, время отхода взрывника в безопасное место равно 85 с, скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1,1$ см/с. Определить общий расход огнепроводного шнура при взрывании данной серии зарядов.

Задача 90. Определить общий расход огнепроводного шнура на взрывание серии из 50 зарядов, если время на воспламенение одной зажигательной трубки 5 с, время отхода взрывника в укрытие 100 с, скорость горения огнепроводного шнура 1 см/с.

§ 11. Расчет числа зарядов при огневом взрывании

Число взрываемых зарядов при огневом взрывании зависит от технологических требований производства, условий передвижения взрывника, а также длины зажигательных и контрольных трубок.

Пример 34. При взрывании 16 наружных зарядов длина зажигательных трубок $L_T = 2$ м. Время на зажигание одной зажигательной трубки $t_3 = 8$ с. Определить время отхода взрывника в укрытие и длину контрольной трубки. Скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Решение 1. Определяем время отхода взрывника в укрытие

$$T = \frac{L_T - N_{\text{ОШ}} t_3 V_{\text{ОШ}}}{V_{\text{ОШ}}} = \frac{200 - 16 \cdot 8 \cdot 1}{1} = 72 \text{ с.}$$

2. Определяем длину контрольной трубки

$$L_K = N_{\text{ОШ}} t_3 = 16 \cdot 8 = 128 \text{ см.} \quad (11)$$

Пример 35. Длина зажигательных трубок из огнепроводного шнура используемых при огневом взрывании шпуровых зарядов, $L_T = 2$ м. Время на зажигание одной трубки $t_3 = 9$ с. Время отхода взрывника

безопасное место $T = 120$ с. Определить число зажигательных трубок, поджигаемых одним взрывником, если скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 1$ см/с.

Решение. По формуле (III. 3) находим число зажигательных трубок, поджигаемых одним взрывником

$$N_{\text{ОШ}} = \frac{\frac{L_{\text{T}}}{V_{\text{ОШ}}} - T}{t_3} = \frac{\frac{240}{1} - 120}{9} \approx 13.$$

Задача 91. При взрывании 20 наружных зарядов длина зажигательных трубок составляет 2,4 м при скорости горения огнепроводного шнура 1 см/с. Время на зажигание одной зажигательной трубки 9 с. Определить время отхода взрывника в укрытие и длину контрольной трубки.

Задача 92. Для взрывания 36 зарядов используются зажигательные трубки длиной 3,3 м. Время на зажигание одной зажигательной трубки равно 7 с. Скорость горения огнепроводного шнура $V_{\text{ОШ}} = 0,9$ см/с. Определить длину контрольной трубки $L_{\text{к}}$ и время отхода взрывника в укрытие.

Глава IV

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ СЕТЕЙ

§ 12. Основные сведения по расчету электровзрывных сетей

Электрическое взрывание зарядов — наиболее экономичный и технологически эффективный способ. Электровзрывная сеть представляет совокупность электродетонаторов (ЭД) с проводниками, соединяющими их между собой, и источником тока.

Любую электровзрывную сеть рассчитывают в следующем порядке. Составляют принципиальную схему соединения ЭД, определяют марку, длину, сечение и сопротивление всех проводников: концевых, участковых, соединительных, магистральных; указывают марку, сопротивление и количество ЭД. По соответствующим расчетным формулам определяют общее сопротивление электровзрывной сети, а также силу тока, поступающего в электровзрывную сеть и в каждый ЭД.

При электрическом взрывании могут применяться последовательное, параллельно-пучковое, параллельно-последовательное и другие виды соединения ЭД в электровзрывной сети.

По назначению в электровзрывной сети проводники разделяются на детонаторные, концевые, участковые, соединительные, магистральные. Детонаторные проводники — непосредственно соединенные с ЭД. Сопротивление детонаторных проводников входит в величину

сопротивления ЭД и при расчете электровзрывных сетей не определяется.

Концевые провода соединяют детонаторные провода с участковыми. Длина концевых проводов

$$l_k = 2l_b, \quad (IV. 1)$$

где l_b — глубина расположения боевика, м.

При $l_b \leq 0,7l_d$ (где l_d — длина детонаторных проводов), концевые провода в электровзрывной сети не применяются.

Участковые провода соединяют концевые провода между собой.

При глубине расположения боевиков $l_b \leq 0,7l_d$ участковые провода непосредственно соединяют ЭД соседних боевиков. Длина участковых проводов

$$l_y = 1,1aN, \quad (IV. 2)$$

где a — расстояние между зарядами, м; N — число зарядов.

Соединительные провода соединяют два крайних участковых провода с магистралью. Длина соединительных проводов определяется графоаналитическим способом в зависимости от принятой схемы взрывания и расположения зарядов.

Длина магистральных проводов определяется расстоянием от места расположения зарядов до взрывной станции.

Сопротивление проводников при постоянном токе

$$R = \rho_0 l / S, \quad (IV. 3)$$

где l — длина проводника, м; S — площадь сечения проводника, мм^2 ; ρ_0 — удельное сопротивление материала проводника, $(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2) / \text{м}$.
Значение ρ_0 при $t = 20^\circ\text{C}$ (293 K) приведено ниже.

Материал проводника	Алюминий	Медь	Сталь
Удельное сопротивление ρ_0 , Ом · мм ² / м	0,03	0,0175	0,132
Температурный коэффициент сопротивления α	0,004	0,0044	0,005

При других температурах t удельное сопротивление проводника может быть определено по формуле

$$\rho_t = \rho_0 [1 + \alpha(t - 20)], \quad (IV. 4)$$

где ρ_0 — удельное сопротивление проводника при температуре 20°C (293 K); α — температурный коэффициент сопротивления.

Характеристика проводов для электровзрывания приведена в табл. 9.

Длина магистрали (одного магистрального провода)

$$L_m = Kl_b, \quad (IV. 5)$$

Таблица 9

Марка провода	Материал жилы	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения жилы, мм ²	Удельное сопротивление жилы при температуре + 20 °С, Ом/км
ВП	Медь	0,5	0,2	90
ЭВ	То же	0,5	0,2	100
ЭВЖ	Сталь луженая	0,6	0,3	520
ВМВ	Медь	0,8	0,5	40
ВМП	То же	0,8	0,5	40
ВМВЖ	Сталь	1,2	1,1	140
ВМПЖ	То же	1,2	1,13	140
СПП-1	Медь	0,9	0,5	40
ПР	То же	1,0	0,75	25
АПР	Алюминий	3,1	2,5	12
АПВ	То же	3,1	2,5	12
ПВ	Медь	0,8	0,5	40

где l_b — расстояние от взрывной станции до места взрыва, м; $K_M = 1,1$ — коэффициент запаса магистрали.

Длина магистральных проводов составляет $2L_M$. Эта величина используется для определения сопротивления магистрали.

При неизвестном сопротивлении проводника сопротивление магистрали

$$R_M = \rho_T \frac{2L_M}{S} \quad (IV. 6)$$

Сопротивление магистрали при известном сопротивлении проводника

$$R_M = L_M r_M \quad (IV. 7)$$

где r_M — сопротивление 1 м проводника, Ом.

Пример 36. Определить сопротивление медных магистральных проводов марки ПР, имеющих площадь сечения $S = 0,8 \text{ мм}^2$ при температуре + 30 °С. Расстояние от места расположения зарядов до взрывной станции $l_b = 360 \text{ м}$.

Решение. 1. Определяем длину магистральных проводов по формуле

$$L_M = 2Kl_b = 2 \cdot 1,1 \cdot 360 = 792 \text{ м}.$$

2. Находим удельное сопротивление медных проводов при температуре + 30 °С

$$\begin{aligned} \rho_T &= \rho_0 [1 - \alpha (t - 20)] = 0,0175 [1 + 0,0044 (30 - 20)] = \\ &= 0,0182 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2) / \text{м}. \end{aligned}$$

3. Определяем сопротивление магистральных проводов

$$R_M = \rho_T \frac{L_M}{S} = \frac{0,0182 \cdot 792}{0,8} = 18 \text{ Ом.}$$

Пример 37. Боевик, расположенный на глубине 12 м, имеет электродетонатор ЭД-8-Ж с сопротивлением 3 Ом и стальные концевые провода площадью сечения 1,1 мм². Определить сопротивление боевика при температуре окружающей среды +10 °С.

Решение. 1. Определяем длину концевых проводов

$$l_K = 2l_G = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м.}$$

2. Определяем сопротивление концевых проводов

$$R_K = \rho_0 [1 + \alpha(t - 20)] \frac{l_K}{S} = 0,132 [1 + 0,005(10 - 20)] \times \\ \times \frac{24}{1,1} = 2,74 \text{ Ом.}$$

3. Находим сопротивление боевика

$$R_B = R_K + r_3 = 2,74 + 3 = 5,74 \text{ Ом.}$$

При взрывании используется несколько схем соединения ЭД в боевиках.

В зависимости от числа ЭД в боевике и схемы их соединения сопротивление боевиков определяется по следующим формулам. Сопротивление боевика с одним ЭД (рис. 10, а)

$$R_B = R_K + r_3, \quad (\text{IV. 8})$$

где R_K — сопротивление концевых проводов, Ом; r_3 — сопротивление электродетонаторов, Ом.

Сопротивление боевика с двумя последовательно соединенными ЭД (рис. 10, б)

$$R_B = R_K + 2r_3. \quad (\text{IV. 9})$$

Сопротивление боевика с двумя параллельно соединенными ЭД (рис. 10, в)

$$R_B = R_K + \frac{r_3}{2}. \quad (\text{IV. 10})$$

При решении задач сопротивление ЭД принимается по условию задачи, сопротивление концевых проводов определяется расчетом по формуле:

$$R_K = l_K r_K = \rho_0 [1 + \alpha(t - 20)] \frac{l_K}{S}. \quad (\text{IV. 11})$$

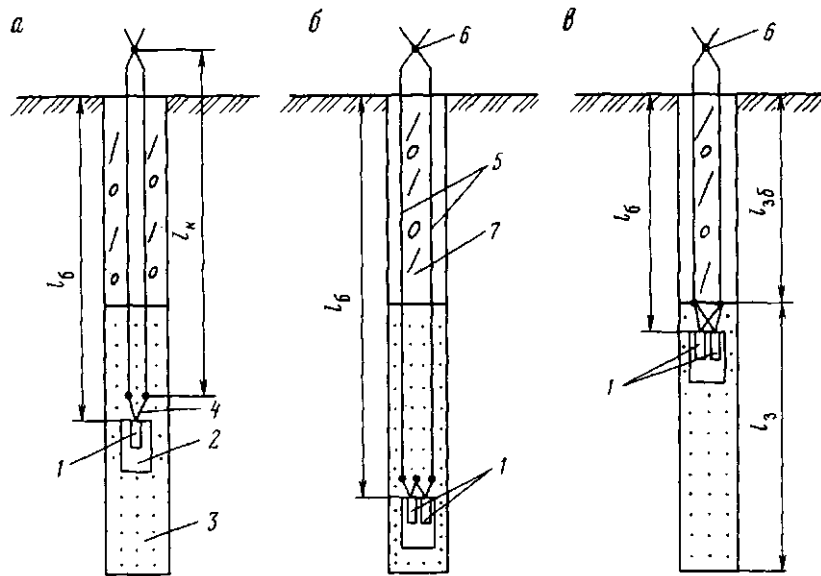


Рис. 10. Схемы соединения электродетонаторов в боевиках:

l_6 — глубина расположения боевика; l_7 — длина концевых проводов; 1 — электродетонаторы; 2 — боевик; 3 — заряд ВВ; 4 — выводные (детонаторные) провода; 5 — концевые провода; 6 — замкнутые концы проводов; 7 — забойка

где r_k — сопротивление 1 м концевых проводов (Ом) определяется расчетом или принимается по табл. 9.

Пример 38. При взрывании 20 камерных зарядов в каждый заряд установлено по два боевика с двумя последовательно соединенными ЭД, имеющих сопротивление $r_3 = 3$ Ом. Расстояние между зарядами 14 м, глубина заложения боевиков 12 м. Для концевых и участковых проводов используются стальные оцинкованные провода площадью сечения $1,1 \text{ мм}^2$, $r_y = 0,156$ Ом/м. Определить суммарное сопротивление боевиков и участковых проводов.

Решение. 1. Находим длину участковых проводов $l_y = 1,1nN = 1,1 \cdot 14 \cdot 20 = 308$ м.

2. Общее сопротивление участковых проводов по формуле:

$$R_y = l_y r_y = 308 \cdot 0,156 = 48 \text{ Ом.} \quad (\text{IV. 12})$$

3. Сопротивление концевых проводов в одном боевике

$$R_k = l_k r_k = 2 \cdot 12 \cdot 0,156 = 3,7 \text{ Ом.}$$

4. Общее сопротивление боевиков

$$R_{б.общ} = n'N(R_k + 2r_3) = 2 \cdot 20(3,7 + 2 \cdot 3) = 388 \text{ Ом,} \quad (\text{IV. 13})$$

где n' — число боевиков в одном заряде.

5. Суммарное сопротивление боевиков и участковых проводов

$$R'' = R_{\gamma} + R_{\text{б.общ}} = 48 + 388 = 436 \text{ Ом.}$$

Пример 39. В десяти скважинах $d = 300$ мм боевики с двумя параллельно соединенными ЭД находятся на глубине 18 м.

Сопротивление концевых проводов 0,184 Ом; $r_3 = 4$ Ом. Определить общее сопротивление боевиков.

Решение. 1. Определяем сопротивление концевых проводов в одном боевике

$$R_{\text{к}} = l_{\text{к}} r_{\text{к}} = 2 \cdot 18 \cdot 0,184 = 6,6 \text{ Ом.}$$

2. Определяем общее сопротивление боевиков

$$R_{\text{б.общ}} = N \left(R_{\text{к}} + \frac{r_3}{2} \right) = 10 \left(6,6 + \frac{4}{2} \right) = 86 \text{ Ом.}$$

Задача 93. Определить сопротивление стального провода площадью сечения $1,1 \text{ мм}^2$, длиной 400 м при $t = 0$ °С.

Задача 94. На уступе взрывается 20 скважин при $a = 6$ м. Температура окружающего воздуха $+ 5$ °С. Определить длину и сопротивление медных участковых проводов площадью сечения $0,75 \text{ мм}^2$.

Задача 95. Боевик расположен в скважине на глубине 16 м. Определить длину и сопротивление алюминиевых концевых проводов площадью сечения $1,5 \text{ мм}^2$ при температуре окружающей среды $+ 10$ °С.

Задача 96. В 18 взрывааемых скважинах боевики расположены на глубине 12 м. Найти общую длину и общее сопротивление стальных концевых проводов площадью сечения $1,1 \text{ мм}^2$ при $t = 20$ °С.

Задача 97. Взрыванию подлежит 48 обводненных скважин. В 20 скважинах при $a = 4$ м боевики расположены на глубине 10 м, в остальных при $a = 5$ м на глубине 12 м. Определить общую длину $(l_{\text{к}} + l_{\gamma})_{\text{общ}}$ и общее сопротивление $(R_{\text{к}} + R_{\gamma})_{\text{общ}}$ стальных концевых и участковых проводов площадью сечения $1,2 \text{ мм}^2$ при температуре окружающей среды $+ 22$ °С.

Задача 98. Определить общее сопротивление 12 боевиков, расположенных на глубине 16 м, если $r_3 = 4,2$ Ом, $r_{\text{к}} = 0,0175$ Ом/м.

Задача 99. При взрывании 38 шпуров глубиной 2 м используются ЭД марки ЭД-8-Э и $r_3 = 4,2$ Ом. Определить общее сопротивление боевиков в шпуровых зарядах.

Задача 100. В камерных зарядах требуется установить по четыре боевика с двумя последовательно соединенными ЭД в каждом. Концевые и участковые провода — стальные, площадь сечения $1,3 \text{ мм}^2$. Температура окружающей среды $+ 6$ °С. Определить суммарное сопротивление боевиков и участковых проводов по следующим данным:

$$N = 26; a = 16 \text{ м}; l_6 = 13 \text{ м}; r_3 = 4,5 \text{ Ом.}$$

Задача 101. Для взрывания 34 зарядов в каждой скважине располагают два боевика на глубинах $l_{б1} = 8$ м; $l_{б2} = 24$ м. В каждом боевике по два последовательно соединенных ЭД. Определить общее сопротивление боевиков при $r_3 = 3,6$ Ом; $r_k = 0,0192$ Ом/м.

Задача 102. Для взрывания скважинных зарядов требуется установить боевики с двумя параллельно соединенными ЭД в каждом. Для концевых проводов используется алюминиевый провод площадью сечения $1,5$ мм². Температура окружающей среды $t = +12$ °С. Определить общее сопротивление боевиков по следующим данным: $l_6 = 15$ м; $N = 28$; $r_3 = 3$ Ом.

Задача 103. На уступе с переменной высотой в 12 скважинах при $a = 6,2$ м боевики расположены на глубине 9 м, в других 18 скважинах при $a = 6$ м на глубине 11 м. В каждом боевике установлено по два параллельно соединенных ЭД, имеющих $r_3 = 3,2$ Ом. Концевые и участковые медные провода имеют площадь сечения $0,66$ мм². Определить суммарное сопротивление боевиков и участковых проводов ($R_6 + R_y$)_{общ} при их последовательном соединении.

§ 13. Расчет электровзрывных сетей при последовательном соединении электродетонаторов

Наибольшее распространение в практике взрывного дела находит последовательное соединение ЭД (рис. 11). Общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении

$$R_{\text{общ}} = 2L_M r_M + l_C r_C + l_Y r_Y + N(l_K r_K + r_3) = \\ = R_M + R_C + R_Y + NR_B, \quad (\text{IV. 14})$$

где L_M — длина магистрали, м; l_C — общая длина соединительных проводов, м; l_Y — общая длина участковых проводов, м; l_K — длина концевых проводов, м; r_M — сопротивление 1 м магистральных проводов, Ом; r_C — сопротивление 1 м соединительных проводов, Ом; r_Y — сопротивление 1 м участковых проводов, Ом; r_3 — сопротивление одного ЭД, Ом; r_K — сопротивление 1 м концевых проводов, Ом; N — число последовательно соединенных боевиков в зарядах.

При известном одинаковом сопротивлении боевиков их общее сопротивление при последовательном соединении

$$R_{Б.общ} = N(l_K r_K + r_3) = NR_B. \quad (\text{IV. 15})$$

Общее сопротивление электровзрывной сети при парно-последовательном соединении ЭД в боевиках (рис. 12, а) последовательной цепи

$$R_{\text{общ}} = 2L_M r_M + l_C r_C + l_Y r_Y + N(l_K r_K + 2r_3). \quad (\text{IV. 16})$$

Общее сопротивление электровзрывной сети при парно-параллель-

$$0,132 [1 + 0,005 (0,22)] = \frac{53}{0,13266}$$

$$R_M = \frac{200}{2 \cdot 1} = 100$$

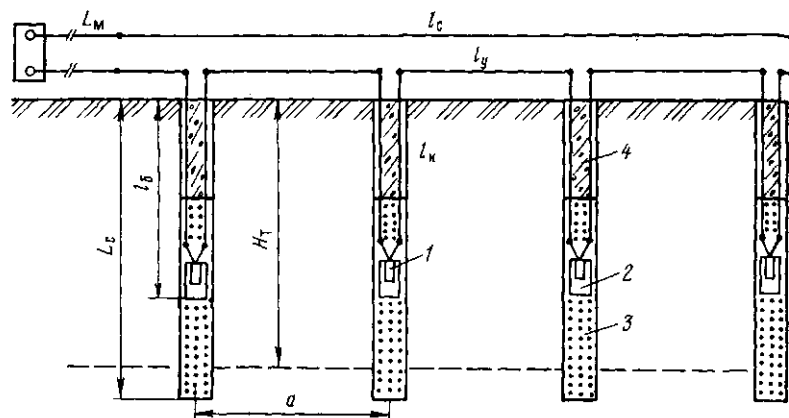


Рис. 11. Схема последовательной электровзрывной сети:

1 - электродетонатор; 2 - боевик; 3 - заряд ВВ; 4 - забойка; a - расстояние между зарядами; L_c - глубина скважин; $l_б$ - глубина расположения боевика; $l_с$ - длина соединительных проводов; $l_у$ - длина участковых проводов; $l_к$ - длина концевых проводов; $L_м$ - длина магистральных проводов; $H_т$ - глубина трещины

ном соединении ЭД в боевиках (рис. 12, б) последовательной цепи

$$R_{\text{общ}} = 2L_м r_м + l_с r_с + l_у r_у + N \left(l_к r_к + \frac{r_э}{2} \right). \quad (\text{IV. 10})$$

Сопротивление электровзрывной сети определяют для установления возможности производства безотказного взрывания от используемого источника тока.

Общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении при использовании взрывных машинок не должно быть больше допустимого паспортного $R_п$

$$R_{\text{общ}} \leq R_п. \quad (\text{IV. 11})$$

Общая сила тока в электровзрывной сети

$$I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}}, \quad (\text{IV. 12})$$

где U - напряжение в электровзрывной сети, В.

При взрывании от взрывных приборов в электровзрывную сеть поступает импульсный ток, возможность безотказного взрывания проверяют только по допустимому сопротивлению.

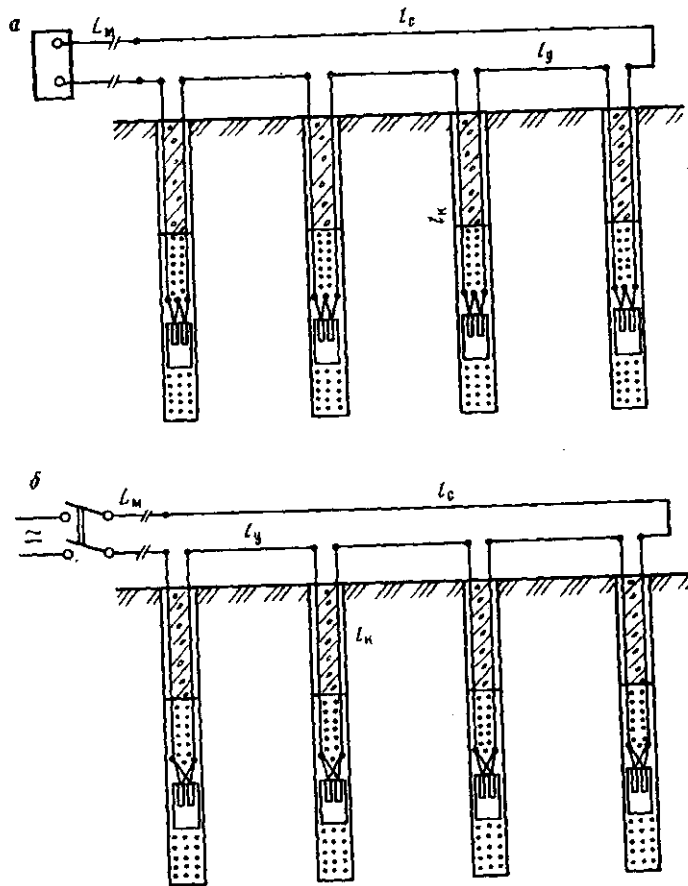


Рис. 12. Схемы последовательной электровзрывной сети с парным соединением электродетонаторов

Техническая характеристика взрывных приборов

Марка прибора	КПМ-3	ВМК-500	ПИБ-110М	КВП-1/100М
Допустимое (паспортное) сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении ЭД (R_{Σ}), Ом . . .	600	2100	320	320
Число одновременно взрывающихся ЭД при их последовательном соединении	200	800	100	100
Номинальное напряжение на конденсаторе-накопителе, В . .	1600	3000	610	650

Сила тока, приходящаяся на один ЭД при последовательном соединении

$$i_{\text{э}} = I_{\text{общ}} \quad (\text{IV. 20})$$

В соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах при использовании источников постоянного тока в каждый ЭД должен поступать гарантийный ток $I_{\text{г}}$ не менее 1 А, если одновременно взрывают до 100 ЭД, и не менее 1,3 А, если одновременно взрывают до 300 ЭД; не менее 2,5 А при взрывании переменным током независимо от числа ЭД.

Пример 40. Для взрывания 24 скважин, расположенных на уступе в один ряд на расстоянии $a = 6$ м одна от другой, в заряды на глубину $l_{\text{б}} = 10$ м опущены боевики. Сопротивление ЭД $r_{\text{э}} = 3$ Ом. Взрывная станция находится на расстоянии 240 м от крайнего заряда. Для магистрали используются медные провода площадью сечения $1,3 \text{ мм}^2$. Концевые, участковые и соединительные провода марки ВМП имеют медную жилу площадью сечения $0,5 \text{ мм}^2$. Температура окружающей среды $t = 11^\circ\text{C}$. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную рис. 11.

2. Определяем длину магистрали. Длина одного провода магистрали определяется расстоянием от места взрыва до места расположения взрывной станции и запасом 10% расстояния на слабины и намотку на катушке

$$L_{\text{м}} = 1,1 l_{\text{в.с}} = 1,1 \cdot 240 = 264 \text{ м.}$$

3. Находим сопротивление 1 м магистральных проводов

$$r_{\text{м}} = \rho_0 \frac{1 + \alpha(t - 20)}{S} = 0,0175 \frac{-1 + 0,0044(11 - 20)}{1,3} = 0,013 \text{ Ом.}$$

4. По табл. 9 находим сопротивление 1 м соединительных, участковых и концевых проводов марки ВМП $r_{\text{с}} = r_{\text{у}} = r_{\text{к}} = 0,04 \text{ Ом}$.

5. Определяем длину участковых проводов

$$l_{\text{у}} = 1,1 a N = 1,1 \cdot 6 \cdot 24 = 158 \text{ м.}$$

При определении длины проводов полученные результаты округляют до целых чисел.

6. Определяем длину концевых проводов

$$l_{\text{к}} = 2 l_{\text{б}} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ м.}$$

7. Определяем длину соединительных проводов для однорядного расположения скважин

$$l_c = 1,2aN = 1,2 \cdot 6 \cdot 24 = 173 \text{ м.}$$

8. Подставляя полученные значения в формулу (IV. 14) определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = 2 \cdot 264 \cdot 0,013 + 173 \cdot 0,04 + 158 \cdot 0,04 + 24 (20 \cdot 0,04 + 3) = 111,3 \text{ Ом.}$$

Пример 41. Скважинные заряды расположены на уступе в три ряда. В каждом ряду 12 зарядов. Расстояние между зарядами в ряду $a = 5$ м, расстояние между рядами зарядов $b = 4,2$ м. Боевики располагают на глубине $l_6 = 8$ м. Сопротивление магистрали $R_m = 6$, $r_3 = 3,6$ Ом. Для соединительных, участковых и концевых проводов используют медные провода площадью сечения $0,75 \text{ мм}^2$.

Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении ЭД и возможность безотказного взрывания зарядов от взрывного прибора КПМ-3.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети при многорядном взрывании аналогично рис. 13.

2. Определяем длину участковых проводов

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 5 \cdot 36 = 198 \text{ м.}$$

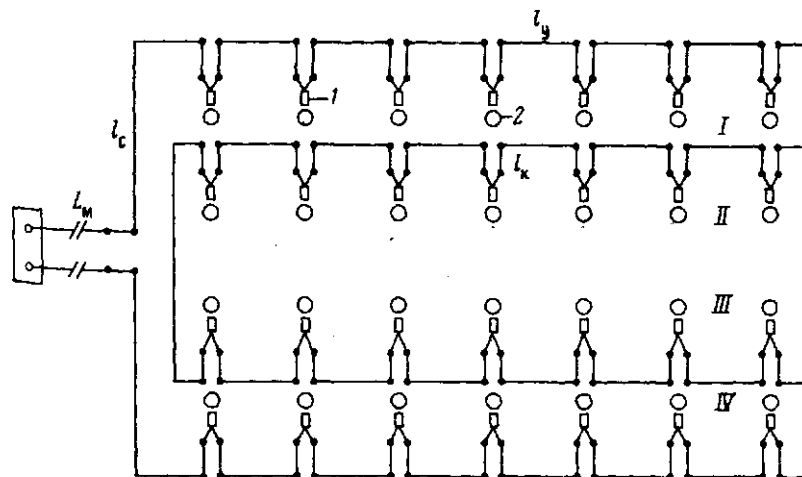


Рис. 13. Схема последовательной электровзрывной сети при многорядном взрывании:

1 — электродетонатор; 2 — шпур; I, II, III, IV — ряды шпуровых зарядов

- 0,0396

3. Определяем длину соединительных проводов

$$l_c = 1,2a \frac{N}{n_p} \approx 1,2 \cdot 5 \cdot \frac{36}{3} = 72 \text{ м}, \quad (\text{IV. 2})$$

где n_p — число рядов зарядов.

4. Определяем длину концевых проводов в одном боевике

$$l_k = 2l_b = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}.$$

5. По табл. 9 находим сопротивление 1 м медных проводов площадью сечения $0,75 \text{ мм}^2$ $r_c = r_y = r_k = 0,025 \text{ Ом}$.

6. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + l_c r_c + l_y r_y + N(l_k r_k + r_z) = \\ = 6 + 72 \cdot 0,025 + 198 \cdot 0,025 + 36(16 \cdot 0,025 + 3,6) = 157 \text{ Ом}.$$

7. Проверяем возможность безотказного взрывания зарядов машинки КПМ-3.

$$R_{\text{общ}} = 157 \text{ Ом} < R_n = 600 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление $R_n = 600 \text{ Ом}$.

Расчетное сопротивление электровзрывной сети меньше допустимого паспортного сопротивления, следовательно, по значению расчетного сопротивления взрывание от КПМ-3 возможно.

Пример 42. При взрывании скважин диаметром 330 мм боевики парно-последовательным соединением ЭД находятся на глубине 14 м. Скважины расположены в два ряда. Расстояние между скважинами в ряду $a = 8 \text{ м}$, расстояние между рядами скважин $b = 6 \text{ м}$. Концевые участковые и соединительные стальные оцинкованные провода марк ВМВЖ имеют площадь сечения $1,13 \text{ мм}^2$. Сопротивление магистрали $R_m = 9 \text{ Ом}$, $r_z = 3 \text{ Ом}$.

Определить возможность безотказного взрывания 40 скважинных зарядов от сети переменного тока напряжением 380 В и от взрывного прибора КПМ-3.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети аналогичную рис. 12, а.

2. Определяем длину концевых проводов в одном боевике

$$l_k = 2l_b = 2 \cdot 14 = 28 \text{ м}.$$

3. Определяем длину участковых проводов

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 8 \cdot 40 = 352 \text{ м}.$$

4. Определяем длину соединительных проводов при последовательном соединении по формуле

$$l_c = 1,2 \cdot 3n_p b = 1,2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 6 = 43,2 \text{ м} \approx 44 \text{ м}. \quad (\text{IV. 2})$$

5. По табл. 9 находим сопротивление 1 м стальных проводов марки ВМВЖ площадью сечения 1,13 мм² $r_c = r_y = r_k = 0,14$ Ом.

6. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + I_c r_c + I_y r_y + N(I_k r_k + 2r_3) =$$

$$= 9 + 44 \cdot 0,14 + 352 \cdot 0,14 + 40(28 \cdot 0,14 + 2 \cdot 3) = 461,24 \text{ Ом.}$$

7. Проверяем возможность безотказного взрывания от сети переменного тока напряжением 380 В по току, поступающему в каждый ЭД.

$$i_3 = U/R_{\text{общ}} = 380/461,24 = 0,83 \text{ А; } i_3 = 0,83 \text{ А} <$$

$$< i_r = 2,5 \text{ А (} i_r \text{ — гарантийный ток).}$$

Следовательно, взрывание невозможно.

8. Проверяем возможность безотказного взрывания зарядов от прибора КПМ-3. Допустимое паспортное сопротивление цепи при последовательном соединении ЭД $R_n = 600$ Ом.

$$R_{\text{общ}} = 460,4 \text{ Ом} < R_n = 600 \text{ Ом.}$$

Следовательно, взрывание от одного прибора КПМ-3 возможно.

Сопротивление электровзрывной сети, приходящееся на один взрываемый заряд при последовательном соединении ЭД, может быть с допустимой погрешностью определено по формуле

$$R_3 = R_6 + 2,2ar_y \quad (\text{IV. 23})$$

где R_6 — сопротивление боевиков, расположенных в одном заряде, Ом; a — расстояние между зарядами, м; r_y — сопротивление участков проводов, Ом.

Сопротивление магистрали одинаково для взрывания одного или нескольких зарядов.

В ряде случаев требуется подбор ЭД с определенным пределом сопротивления. При заданном числе последовательно соединенных боевиков требуемое сопротивление ЭД

$$r'_3 = \frac{R_d - R_m - R_c - R_y - N I_k r_k}{N} \quad (\text{IV. 24})$$

где R_d — допустимое сопротивление электровзрывной сети, Ом.

При известном сопротивлении R_3 допустимое число зарядов для безотказного взрывания определяется по формуле

$$N = (R_d - R_m) / R_3 \quad (\text{IV. 25})$$

4,2

12,6

При взрывании от электросетей постоянного или переменного то

$$R_{\text{общ}} = U/i_r \quad (\text{IV})$$

где i_r — минимально допустимая сила тока, поступающего в каж
ЭД (гарантийный ток).

При использовании взрывных приборов $R_d \leq R_n$.

Пример 43. Определить допустимое число зарядов для однове
ного безотказного взрывания от сети переменного тока напряжен
220 В при следующих условиях. Глубина расположения боевиков
= 9 м, $a = 6$ м, $r_3 = 3,6$ Ом. Сопротивление магистрали 5 Ом, удел
сопротивление концевых, соединительных и участковых проводов
наково и равно $r_k = r_c = r_y = 0,04$ Ом/м.

Решение. 1. Определяем сопротивление одного боевика.

$$R_6 = I_k r_k + r_3 = 2I_6 r_k + r_3 = 2 \cdot 9 \cdot 0,04 + 3,6 = 4,32 \text{ Ом.}$$

2. Находим сопротивление электровзрывной сети, приходящееес
один заряд,

$$R_3 = R_6 + 2,2ar_y = 4,32 + 2,2 \cdot 6 \cdot 0,04 = 4,84 \text{ Ом.}$$

3. Находим допустимое сопротивление электровзрывной сети

$$R_d = U/i_r = 220/2,5 = 88 \text{ Ом.}$$

4. Определяем допустимое число зарядов для взрывания

$$N_d = (R'_{\text{общ}} - R_m)/R_3 = (88 - 5)/4,84 = 17.$$

Пример 44. Необходимо от взрывного прибора КПМ-3 взор
120 последовательно соединенных зарядов при следующих услови
 $a = 4$ м, $b = 3,6$ м, $l_6 = 6$ м, $r_c = r_y = r_k = 0,04$ Ом/м, $R_m = 7$
взрывание трехрядное $n_p = 3$. Определить допустимое сопротивл
ЭД в сети.

Решение. 1. Определяем длину концевых проводов в одном
вике

$$l_k = 2l_6 = 2 \cdot 6 = 12 \text{ м.}$$

2. Находим длину участковых проводов

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 4 \cdot 120 = 528 \text{ м.}$$

3. Находим длину соединительных проводов

$$l_c = 1,2a \frac{N}{n_p} = 1,2 \cdot 4 \cdot \frac{120}{3} = 192 \text{ м.}$$

4. Допустимое паспортное сопротивление для взрывного прибор
КПМ-3 $R_n = 600$ Ом.

5. Определяем допустимое сопротивление для одного ЭД, подключаемого в сеть

$$r'_3 = \frac{R_n - R_m - R_c - R_y - N/k r_k}{N} =$$

$$= \frac{600 - 7 - 192 \cdot 0,04 - 528 \cdot 0,04 - 120 \cdot 12 \cdot 0,04}{120} = 4,21 \text{ Ом. Принимаем}$$

$$r'_3 = 4,2 \text{ Ом.}$$

Задача 104. Необходимо взорвать 36 скважинных зарядов, расположенных в один ряд на уступе. Расстояние между скважинами 5,5 м, глубина расположения боевиков 7 м. Расстояние от взрывной станции до места взрыва 320 м. Для магистрали используются медные провода площадью сечения 1,2 мм², соединительные и участковые медные провода имеют площадь сечения 0,75 мм², концевые — 0,5 мм². Сопротивление ЭД 3,2 Ом. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении.

Задача 105. Для взрывания 28 шпуровых зарядов используют ЭД с длиной проводов 4 м и $r'_3 = 4,2$ Ом. Глубина шпуров 2,2 м, расстояние между шпурами $a = 1,8$. Сопротивление магистрали $R_m = 4,6$ Ом. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении.

Задача 106. При дроблении негабарита в карьере взрывается одновременно 60 шпуровых зарядов. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении ЭД, имеющих $r'_3 = 3,3$ Ом. Для монтажа взрывной сети используют медные провода: магистральные $S = 1,5$ мм², $L_m = 350$ м, соединительные $l_c = 80$ м, $S = 0,75$ мм².

Задача 107. Определить допустимое сопротивление электровзрывной сети при взрывании ЭД от сети переменного тока напряжением 220; 380 и 127 В.

Задача 108. При взрывании 54 скважин боевики расположены на глубине $l_b = 11$ м, число взрываемых рядов $n_r = 3$; $a = 5,6$ м; $b = 5$ м; $r'_3 = 3$ Ом; $R_m = 8,2$ Ом; $r_c = r_y = r_k = 0,02$ Ом/м. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при последовательном соединении ЭД.

Задача 109. В 22 взрываемых скважинах боевики расположены на глубине 10 м. Общее сопротивление магистральных, соединительных и участковых проводов составляет 11 Ом. Площадь сечения медных концевых проводов $S = 0,75$ мм². Температура окружающей среды + 28 °С. Сопротивление ЭД $r'_3 = 4$ Ом. Определить общее сопротивление последовательной электровзрывной сети.

Задача 110. При взрывании 16 камерных зарядов ЭД в боевиках соединены парно-последовательно. Общее сопротивление участковых и соединительных проводов 14 Ом. Взрывная станция находится на

расстоянии 600 м. Магистральные медные провода имеют площадь сечения $2,2 \text{ мм}^2$. Боевики расположены от поверхности на расстоянии $l_6 = 12 \text{ м}$, площадь сечения концевых медных проводов $1,1 \text{ мм}^2$. Сопротивление ЭД $3,8 \text{ Ом}$. Определить общее сопротивление последовательной электровзрывной сети.

Задача 111. Определить общее сопротивление последовательной электровзрывной сети по следующим данным: глубина расположения боевиков с парно-последовательным расположением ЭД $l_6 = 12 \text{ м}$, $N = 32$; $a = 6,4 \text{ м}$; $R_M = 4,8 \text{ Ом}$. Общее сопротивление соединительных и участковых проводов $7,2 \text{ Ом}$; сопротивление ЭД со стальными проводами $r_3 = 6,2 \text{ Ом}$, сопротивление концевых проводов $R_K = 0,172 \text{ Ом/м}$.

Задача 112. Определить возможность безотказного взрывания от источника постоянного тока напряжением 220 В 60 последовательно соединенных ЭД в шпурах при следующих условиях: $r_3 = 2,8 \text{ Ом}$, $R_M = 5,4 \text{ Ом}$, $R_C + R_Y = 6,6 \text{ Ом}$. Длина проводников у ЭД 3 м , глубина заложения боевиков 2 м .

Задача 113. Найти требуемое напряжение источника переменного тока при общем сопротивлении последовательной электровзрывной сети 150 Ом .

Задача 114. Боевик в скважине расположен на глубине $l_6 = 12 \text{ м}$. Расстояние между скважинами $6,4 \text{ м}$. Площадь сечения концевых и участковых стальных проводов $1,13 \text{ мм}^2$. Температура окружающей среды $+35 \text{ }^\circ\text{C}$. Сопротивление ЭД со стальными проводами $5,2 \text{ Ом}$. Определить сопротивление электровзрывной сети R_3 , приходящейся на один заряд.

Задача 115. Скважинный заряд одновременно инициируют снизу и сверху. Боевики располагают на глубине $l_{16} = 6 \text{ м}$, $l_{26} = 17 \text{ м}$, $r_3 = 3,4 \text{ Ом}$, $a = 7,2 \text{ м}$; $r_K = r_Y = 0,055 \text{ Ом/м}$. Определить сопротивление электровзрывной сети R_3 , приходящейся на один заряд.

Задача 116. От взрывной машинки ВМК-500 необходимо взорвать 460 зарядов, соединенных последовательно с расположением боевиков на глубине 13 м при $a = 5,8 \text{ м}$, $R_M = 6,6 \text{ Ом}$, $R_C + R_Y = 15,4 \text{ Ом}$; $r_Y = r_K = 0,064 \text{ Ом/м}$. Определить допустимое сопротивление ЭД.

Задача 117. При взрывании от сети переменного тока напряжением 220 В , $R_M = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 4,2 \text{ Ом}$. Определить допустимое число зарядов N_d для одновременного безотказного взрывания.

§ 14. Расчет электровзрывных сетей при параллельном соединении электродетонаторов

При электровзрывании используется несколько видов параллельного соединения ЭД: параллельно-пучковое, параллельно-ступенчатое и другие.

Общее сопротивление электровзрывной сети при параллельно-пучковом соединении ЭД и одинаковом сопротивлении ветвей (рис. 14)

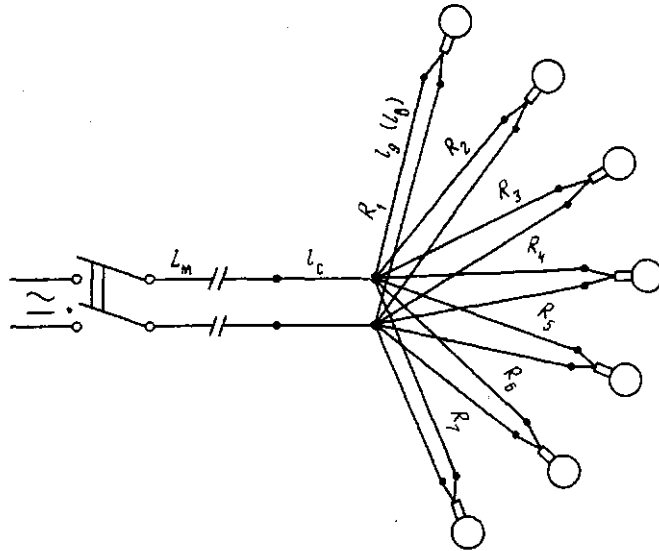


Рис. 14. Схема параллельно-пучковой электровзрывной сети с одинаковым сопротивлением ветвей:

$R_1 - R_n$ — одинаковые сопротивления отдельных ветвей; L_m — длина магистральных проводов; l_c — длина соединительных проводов; l_b — длина участковых проводов (провода одной ветви)

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + l_c r_c + R_b / N_b \quad (\text{IV. 27})$$

Сопротивление одной ветви

$$R_b = l_b r_b + l_k r_k + r_z = l_b r_b + R_b' \quad (\text{IV. 28})$$

где R_b — сопротивление одной ветви, Ом; N_b — число ветвей.

Сила тока, поступающего в каждый ЭД, для случаев параллельно-пучкового соединения, представленного на рис. 14, определяется по формуле

$$i_z = I_{\text{общ}} / N_b \quad (\text{IV. 29})$$

Если при параллельно-пучковом соединении ветви имеют разное сопротивление (рис. 15), то общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + l_c r_c + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (\text{IV. 30})$$

где R_1, R_2, \dots, R_n — сопротивления отдельных ветвей, Ом.

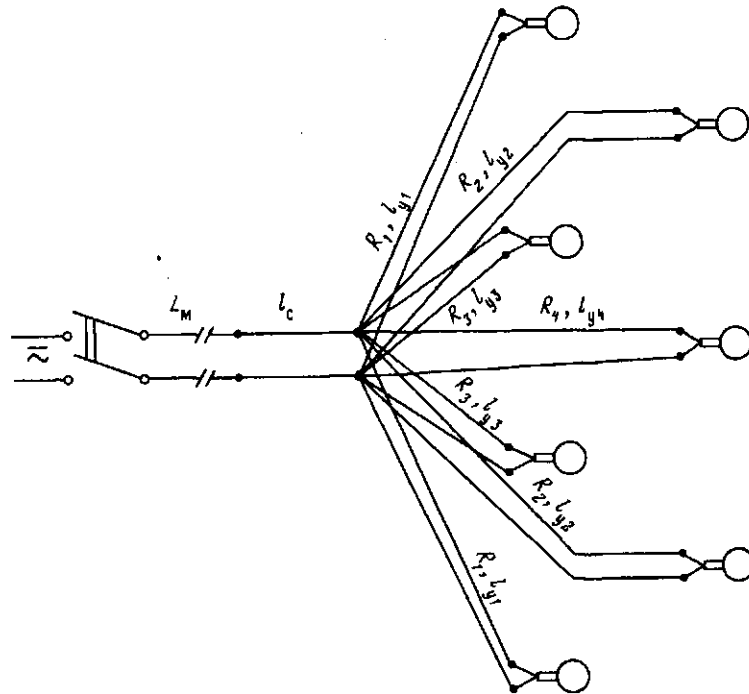


Рис. 15. Схема параллельно-пучковой электровзрывной сети с различным сопротивлением ветвей:

$R_1 - R_4$ — разные сопротивления ветвей; $l_{y1}, l_{y2}, l_{y3}, l_{y4}$ — участковые провода ветвей различной длины; l_c — длина соединительных проводов; L_m — длина магистральных проводов

Допустимое сопротивление сети при параллельном соединении ЭД при взрывании от взрывного прибора

$$R_d = R_n / n^2, \quad (IV. 31)$$

где R_n — паспортное сопротивление для взрывной машинки при последовательном соединении ЭД, Ом; n — число параллельно соединенных ЭД в сети.

Пример 45. В семи взрываемых скважинах боевики расположены на глубине 10 м. Сопротивление ЭД со стальными проводами $r_3 = 5,6$ Ом. Длина участковых проводов 20 м, $r_y = r_k = 0,156$ Ом/м; $R_M = 6,4$ Ом; $R_c = 1,6$ Ом. Взрывание от электросети $U = 220$ В. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД при параллельно-пучковом соединении электровзрывной сети.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети (см. рис. 14).

2. Находим сопротивление одной ветви

$$R_B = I_Y r_Y + I_K r_K + r_3 = 20 \cdot 0,156 + 2 \cdot 10 \cdot 0,156 + 5,6 = 11,84 \text{ Ом.}$$

3. Находим общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + \frac{R_B}{N_B} = 6,4 + 1,6 + \frac{11,84}{7} = 9,69 \text{ Ом.}$$

4. Определяем силу тока, поступающего в пучок, I_{Π}

$$I_{\Pi} = I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 220/9,69 = 22,7 \text{ А.}$$

5. Определяем силу тока, поступающего в каждый ЭД,

$$i_3 = I_{\text{общ}}/N_B = 22,7/7 = 3,24 \text{ А.}$$

Пример 46. Расположенные на уступе восемь скважин имеют разную глубину. Боевики в зарядах соответственно расположены на глубине: $l_{16} = 4 \text{ м}$; $l_{26} = 6 \text{ м}$; $l_{36} = 5 \text{ м}$; $l_{46} = 9 \text{ м}$; $l_{56} = 7 \text{ м}$; $l_{66} = 8 \text{ м}$; $l_{76} = 9 \text{ м}$; $l_{86} = 6 \text{ м}$. Длина участковых проводов: $l_{1Y} = 14 \text{ м}$; $l_{2Y} = 15 \text{ м}$; $l_{3Y} = 16 \text{ м}$; $l_{4Y} = 16 \text{ м}$; $l_{5Y} = 26 \text{ м}$; $l_{6Y} = 32 \text{ м}$; $l_{7Y} = 30 \text{ м}$; $l_{8Y} = 32 \text{ м}$; $r_K = r_Y = 0,12 \text{ Ом/м}$; $r_3 = 3,6 \text{ Ом}$; $R_M = 4,8 \text{ Ом}$; $R_C = 1,2 \text{ Ом}$. Определить общее сопротивление электровзрывной сети при параллельно-пучковом соединении и возможность производства взрыва от прибора КПМ-3.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную рис. 15.

2. Находим сопротивление каждой ветви в отдельности

$$R_1 = I_{1Y} r_Y + I_{1K} r_K + r_3 = 14 \cdot 0,12 + 2 \cdot 4 \cdot 0,12 + 3,6 = 6,24 \text{ Ом;}$$

$$R_2 = I_{2Y} r_Y + I_{2K} r_K + r_3 = 15 \cdot 0,12 + 2 \cdot 6 \cdot 0,12 + 3,6 = 6,84 \text{ Ом;}$$

$$R_3 = I_{3Y} r_Y + I_{3K} r_K + r_3 = 16 \cdot 0,12 + 2 \cdot 5 \cdot 0,12 + 3,6 = 6,72 \text{ Ом;}$$

$$R_4 = I_{4Y} r_Y + I_{4K} r_K + r_3 = 16 \cdot 0,12 + 2 \cdot 9 \cdot 0,12 + 3,6 = 7,68 \text{ Ом;}$$

$$R_5 = I_{5Y} r_Y + I_{5K} r_K + r_3 = 26 \cdot 0,12 + 2 \cdot 7 \cdot 0,12 + 3,6 = 8,4 \text{ Ом;}$$

$$R_6 = I_{6Y} r_Y + I_{6K} r_K + r_3 = 32 \cdot 0,12 + 2 \cdot 8 \cdot 0,12 + 3,6 = 9,36 \text{ Ом};$$

$$R_7 = I_{7Y} r_Y + I_{7K} r_K + r_3 = 30 \cdot 0,12 + 2 \cdot 9 \cdot 0,12 + 3,6 = 9,36 \text{ Ом};$$

$$R_8 = I_{8Y} r_Y + I_{8K} r_K + r_3 = 32 \cdot 0,12 + 2 \cdot 6 \cdot 0,12 + 3,6 = 8,88 \text{ Ом};$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_8}}$$

$$= 4,8 + 1,2 + \frac{1}{\frac{1}{6,24} + \frac{1}{6,84} + \frac{1}{6,72} + \frac{1}{7,68} + \frac{1}{8,4} + \frac{1}{9,36} + \frac{1}{9,36} + \frac{1}{8,88}}$$

$$= 6,97 \text{ Ом}.$$

4. Определяем допустимое сопротивление электровзрывной сети при параллельном соединении ЭД и взрывании от прибора КПМ-3

$$R_D = R_n / n^2 = 600 / 8^2 = 600 / 64 = 9,37 \text{ Ом}.$$

5. Устанавливаем возможность производства взрыва от прибора КПМ-3 по условию $R_{\text{общ}} \leq R_D$, в данном случае

$$R_{\text{общ}} = 6,97 \text{ Ом} < R_D = 9,36 \text{ Ом}.$$

Следовательно, взрывание от прибора КПМ-3 заданной серии зарядов при параллельно-пучковом соединении возможно.

Если при параллельно-пучковом соединении электровзрывной сети в боевиках используется парно-последовательное (рис. 16) или парно-параллельное соединение ЭД (рис. 17), то общее сопротивление электровзрывной сети определяется по формуле (IV. 27), а сопротивления отдельных ветвей и сила тока, поступающего в каждый ЭД по формулам, приведенным ниже.

При параллельно-последовательном соединении ЭД в боевиках сопротивление одной ветви

$$R_B = I_Y r_Y + I_K r_K + 2r_3. \quad (\text{IV. 27})$$

При парно-параллельном соединении ЭД в боевиках — по формуле

$$R_B = I_Y r_Y + I_K r_K + r_3 / 2. \quad (\text{IV. 28})$$

Сила тока, поступающего в каждый ЭД при парно-последовательном соединении ЭД, определяется по формуле (IV. 29), а при парно-параллельном — по формуле (IV. 30).

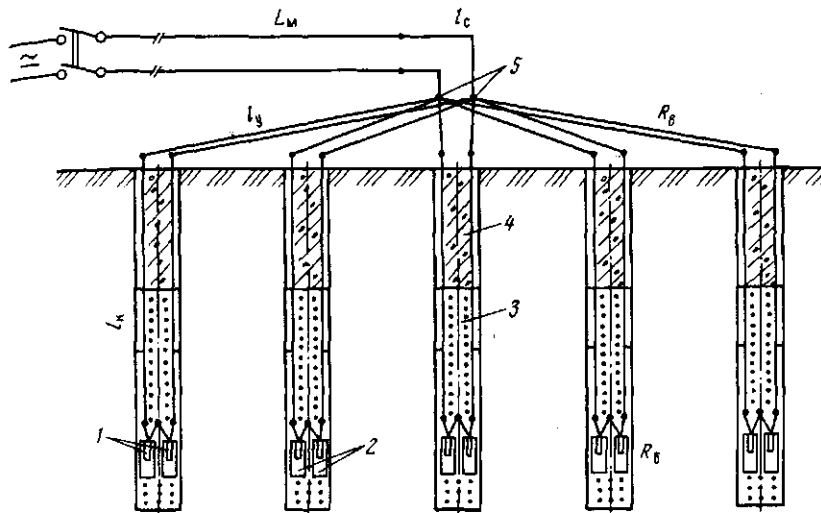


Рис. 16. Схема параллельно-пучковой электровзрывной сети с парно-последовательным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — ЭД, соединенные парно-последовательно в боевиках; 2 — боевики, соединенные в пучок; 3 — заряд ВВ; 4 — забойка; 5 — пучок; l_K — длина концевых проводов; l_Y — длина участковых проводов; R_B — сопротивление одной ветви; R_C — сопротивление одного боевика; l_C — длина концевых проводов; L_M — длина магистральных проводов

пельном — по формуле

$$i_3 = I_{\text{общ}} / (2N_B) = I_{\text{общ}} / n_3 \quad (\text{IV. 34})$$

где n_3 — число ЭД в сети.

Пример 47. При взрывании пяти скважинных зарядов используется парно-последовательное соединение ЭД в боевиках. Боевики располагают на глубине 8 м, $r_3 = 4,8$ Ом, $l_Y = 14$ м, $r_Y = r_K = 0,16$ Ом/м, $R_M = 7,2$ Ом, $R_C = 1,8$ Ом.

Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД при взрывании от сети переменного тока напряжением 220 В и параллельно-пучковом соединении электровзрывной сети.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему соединения электровзрывной сети (см. рис. 16).

2. Определяем сопротивление одной ветви

$$R_B = l_Y r_Y + l_K r_K + 2r_3 = 14 \cdot 0,16 + 2 \cdot 8 \cdot 0,16 + 2 \cdot 4,8 = 14,4 \text{ Ом.}$$

3. Находим общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + R_B / N_B = 7,2 + 1,8 + 14,4 / 5 = 11,88 \text{ Ом.}$$

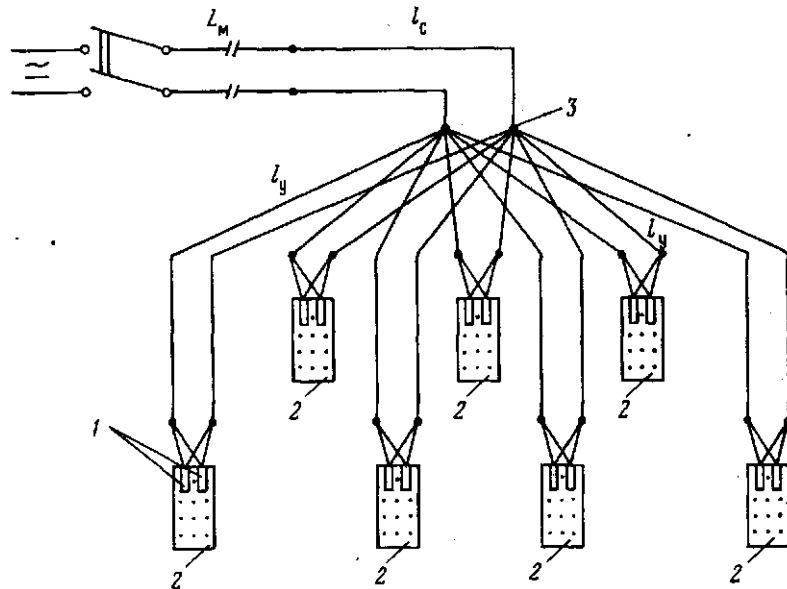


Рис. 17. Схема параллельно-пучковой электровзрывной сети с парно-параллельным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 – ЭД, соединенные парно-параллельно в боевиках; 2 – заряды, соединенные в чок; 3 – пучок

4. Определяем силу тока, поступающего в пучок,

$$I_n = I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = \frac{220}{11,88} = 18,5 \text{ А.}$$

5. Сила тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_{\text{э}} = I_{\text{общ}}/N_{\text{в}} = 18,5/5 = 3,7 \text{ А.}$$

Пример 48. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД при парно-параллельном соединении ЭД в боевиках в параллельно-пучковой сети при следующих условиях взрывания: число зарядов $N=6$, глубина расположения боевиков $l_{16} = l_{26} = 6 \text{ м}$, $l_{36} = l_{46} = 9 \text{ м}$, $l_{56} = l_{66} = 12$, $r_{\text{э}} = 5,4 \text{ Ом}$, $r_{\text{у}} = r_{\text{к}} = 0,12 \text{ Ом/м}$; $R_{\text{м}} = 5,6 \text{ Ом}$, $R_{\text{с}} = 1,4 \text{ Ом}$. Взрывание от сети переменного тока 220 В. Длина участков проводов $l_{1\text{у}} = l_{2\text{у}} = 12 \text{ м}$, $l_{3\text{у}} = l_{4\text{у}} = 16 \text{ м}$, $l_{5\text{у}} = l_{6\text{у}} = 20 \text{ м}$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети (см. рис. 17).

2. Определяем сопротивление отдельных ветвей:

$$R_1 = R_2 = l_{\text{у}} r_{\text{у}} + l_{\text{к}} r_{\text{к}} + r_{\text{э}}/2 = 12 \cdot 0,12 + 2 \cdot 6 \cdot 0,12 + 5,4/2 = 5,58 \text{ Ом};$$

$$R_3 = R_4 = 16 \cdot 0,12 + 2 \cdot 9 \cdot 0,12 + 5,4/2 = 6,78 \text{ Ом};$$

$$R_5 = R_6 = 20 \cdot 0,12 + 12 \cdot 2 \cdot 0,12 + 5,4/2 = 7,98 \text{ Ом}.$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = 5,6 + 1,4 + \frac{1}{\frac{1}{5,58} + \frac{1}{5,58} + \frac{1}{6,78} + \frac{1}{6,78} + \frac{1}{7,98} + \frac{1}{7,98}} = 8,1 \text{ Ом}.$$

4. Находим общую силу тока, поступающего в пучок

$$I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 220/8,1 = 27,1 \text{ А}.$$

5. Определяем силу тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_3 = I_{\text{общ}}/(2N_3) = 27,1/(2 \cdot 6) = 2,25 \text{ А}.$$

6. Проверяем, возможно ли взрывание от сети переменного тока напряжением 220 В по условию $i_3 \geq i_r$.

В данном примере $i_3 = 2,25 \text{ А} < i_r = 2,5 \text{ А}$.

Следовательно, взрывание от источника переменного тока напряжением 220 В производить нельзя.

При параллельно-ступенчатом соединении электровзрывную сеть (рис. 18) с допустимой погрешностью можно рассчитывать по следующим формулам.

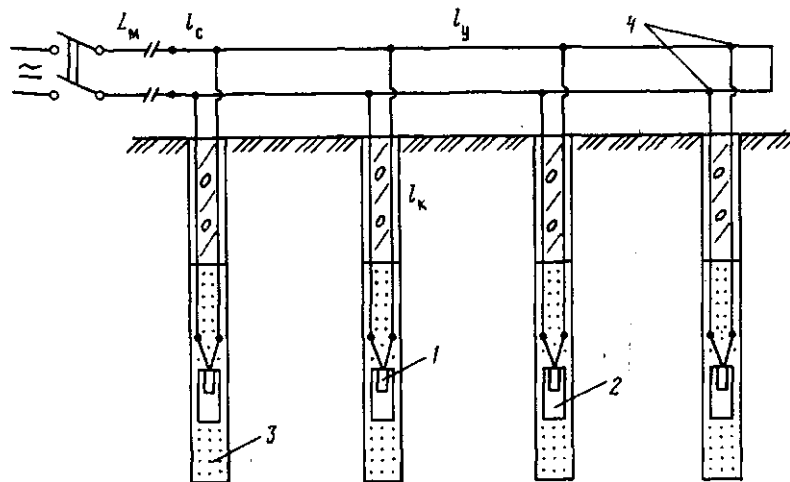


Рис. 18. Схема параллельно-ступенчатой электровзрывной сети:

1 — электродетонатор; 2 — боевик; 3 — заряд ВВ; 4 — точки ступенчатого соединения концевых проводов в электровзрывную сеть

Общее сопротивление электровзрывной сети при параллельно-ступенчатом соединении

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + \frac{R_{\text{у}}}{2} + \frac{R_{\text{к}} + r_{\text{э}}}{n_{\text{э}}}, \quad (\text{IV. 35})$$

где $n_{\text{э}}$ — число ЭД в электровзрывной сети; $R_{\text{у}}$ — сопротивление участковых проводов, Ом.

Длину участковых проводов в этом случае можно определить по формуле

$$l_{\text{у}} = 2,2aN. \quad (\text{IV. 34})$$

При параллельно-ступенчатом соединении в каждый ЭД поступает ток различной силы. Сила тока, поступающего в ЭД, находящийся в середине группы

$$i_{\text{э.с}} = I_{\text{общ}}/n_{\text{э}}. \quad (\text{IV. 33})$$

Пример 49. При параллельно-ступенчатом соединении сети определить силу тока, поступающего в ЭД, находящийся посередине группы при следующих условиях взрывания: $n_{\text{э}} = 5$, $a = 6$ м, $l_{\text{б}} = 10$ м, $r_{\text{у}} = r_{\text{к}} = 0,12$ Ом/м, $r_{\text{э}} = 3,6$ Ом, $R_{\text{м}} = 4$ м, напряжение сети 220 В.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную рис. 18.

2. Определяем сопротивление участковых проводов

$$R_{\text{у}} = l_{\text{у}} r_{\text{у}} = 2,2aN r_{\text{у}} = 2,2 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 0,12 = 7,92 \text{ Ом.}$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети по формуле (IV. 35)

$$R_{\text{общ}} = 4 + \frac{7,92}{2} + \frac{10 \cdot 2 \cdot 0,12 + 3,6}{5} = 9,16 \text{ Ом.}$$

4. Определяем общую силу тока в сети

$$I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 220/9,16 = 24 \text{ А.}$$

5. Находим силу тока, поступающего в ЭД, расположенный посередине группы,

$$i_{\text{э.с}} = I_{\text{общ}}/n_{\text{э}} = 24/5 = 4,8 \text{ А.}$$

При этом сила тока $i_{\text{э}}$, поступающего в ЭД, расположенные ближе к магистрали, больше $i_{\text{э.с}}$, а в ЭД, расположенные дальше от середины группы, меньше $i_{\text{э.с}}$.

Задача 118. Проверить возможность производства безотказного взрывания от сети переменного тока 220 В при параллельно-пучковом соединении электровзрывной сети (см. рис. 14) по следующим данным

число взрываемых зарядов 7, глубина расположения боевиков 8 м, $l_y = 12$ м, $r_y = r_k = 0,16$ Ом/м, $r_z = 4,2$ Ом, $R_m = 3$ Ом, $R_c = 0,8$ Ом.

Задача 119. Определить напряжение источника переменного тока при параллельно-пучковом соединении ЭД (см. рис. 14) для следующих условий взрыва: число зарядов $N = 10$; $l_b = 9$ м, $l_y = 16$ м, $r_y = r_k = 0,13$ Ом/м, $r_z = 4,4$ Ом, $R_m = 4,4$ Ом, $R_c = 0,6$ Ом.

Задача 120. Для взрыва 22 зарядов с парно-последовательным соединением ЭД в боевиках (см. рис. 16) при параллельно-пучковом соединении электровзрывной сети требуется выбрать взрывную машину по следующим данным: $R_m = 3,2$ Ом, $R_c = 0,6$ Ом, $R_b = 6,6$ Ом.

Задача 121. Найти допустимое сопротивление ЭД при взрывании от сети переменного тока напряжением 380 В параллельно-пучковой электровзрывной сети (см. рис. 16) с парно-последовательным соединением ЭД в боевиках при следующих параметрах: $l_b = 9$ м, $l_y = 14$ м, $r_y = r_k = 0,16$ Ом/м, $R_m = 8$ Ом, $R_c = 3,16$ Ом, $N = 12$.

Задача 122. При взрывании девяти зарядов отдельные ветви параллельно-пучковой электровзрывной сети (см. рис. 15) имеют разное сопротивление, а именно: $R_{1в} = R_{3в} = R_{5в} = 4,4$ Ом, $R_{2в} = R_{4в} = R_{6в} = 6,7$ Ом, $R_{7в} = R_{8в} = R_{9в} = 7,9$ Ом. Длина магистрали $L_m = 320$ м, $r_m = 0,04$ Ом/м, $l_c = 80$ м, $r_c = 0,05$ Ом/м. Определить возможность взрыва электровзрывной сети от взрывного прибора КПМ-3.

Задача 123. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД параллельно-пучковой электровзрывной сети при парно-параллельном соединении ЭД (см. рис. 17) в боевиках и следующих условиях взрыва: $R_b = 4,6$ Ом, $l_y = 14$ м, $r_y = 0,16$ Ом/м, $R_m = 3,8$ Ом, $R_c = 3,76$ Ом, $N = 16$. Напряжение сети переменного тока 380 В.

Задача 124. Проверить возможность взрыва 24 зарядов в параллельно-пучковой электровзрывной сети (см. рис. 17) с парно-параллельным соединением ЭД в боевиках при $r_z = 4,8$ Ом, $l_b = 10$ м, $l_y = 18$ м, $r_y = r_k = 0,13$ Ом/м, $R_m = 5$ Ом, $R_c = 1$ Ом. Источник тока — взрывной прибор ВМК-500.

Задача 125. Определить сопротивление отдельной ветви при парно-последовательном соединении ЭД в боевиках и следующих данных: $l_b = 6$ м, $l_y = 14$ м, $r_y = r_k = 0,12$ Ом/м, $r_z = 5,6$ Ом.

§ 15. Расчет электровзрывных сетей при смешанном соединении электродетонаторов

К смешанным относятся электровзрывные сети, имеющие различные виды соединения ЭД в группах и групп ЭД между собой в электровзрывной сети.

К смешанным относятся последовательно-параллельное, параллельно-последовательное соединения электровзрывной сети. Первая часть названия смешанной сети указывает вид соединения ЭД в группах между собой, вторая — вид соединения групп ЭД в сети между собой.

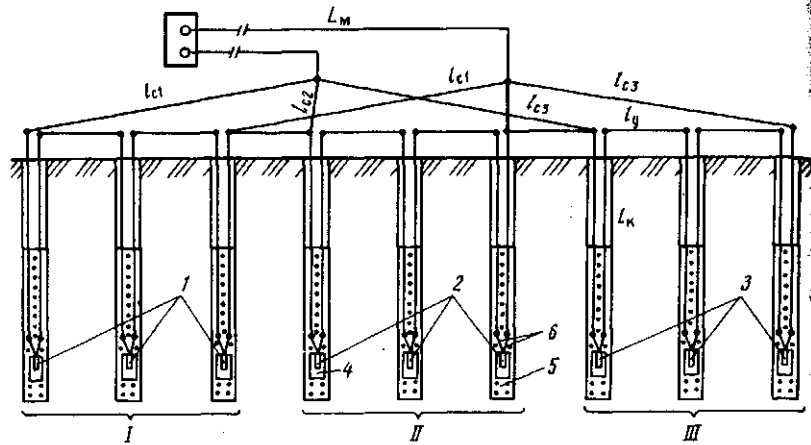


Рис. 19. Схема последовательно-параллельной электровзрывной сети:
 1, 2, 3 — электродетонаторы, соединенные между собой последовательно в группе;
 4 — боевик; 5 — заряд ВВ; 6 — выводные (детонаторные) провода; I, II, III — группы электродетонаторов (боевиков), соединенные между собой параллельно; L_m — длина магистральных проводов; l_{c1}, l_{c2}, l_{c3} — длина соединительных проводов групп; l_y — длина участковых проводов; l_k — длина концевых проводов

При последовательно-параллельном соединении (рис. 19) расчет электровзрывной сети проводится по следующим формулам.

При одинаковом сопротивлении ветвей

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_b / K_b \quad (\text{IV. 3})$$

где K_b — число параллельно-соединенных ветвей (групп ЭД).

При различном сопротивлении ветвей

$$R_{\text{общ}} = R_m + \frac{1}{\frac{1}{R_{1b}} + \frac{1}{R_{2b}} + \dots + \frac{1}{R_{nb}}} \quad (\text{IV. 3})$$

Сопротивление одной ветви

$$R_b = R_c + R_y + n_{\text{гр}} R_{\text{б}}$$

где $R_{\text{б}}$ — сопротивление боевика.

При наличии одного ЭД в боевике

$$R_b = l_{cс} r_c + l_{yу} r_y + n_{\text{гр}} (r_{\text{э}} + l_{кк} r_k) \quad (\text{IV. 40})$$

где $n_{\text{гр}}$ — число зарядов (боевиков) в группе.

Сопротивление одной группы ЭД

$$R_{\text{гр}} = n_{\text{гр}} r_{\text{э}}$$

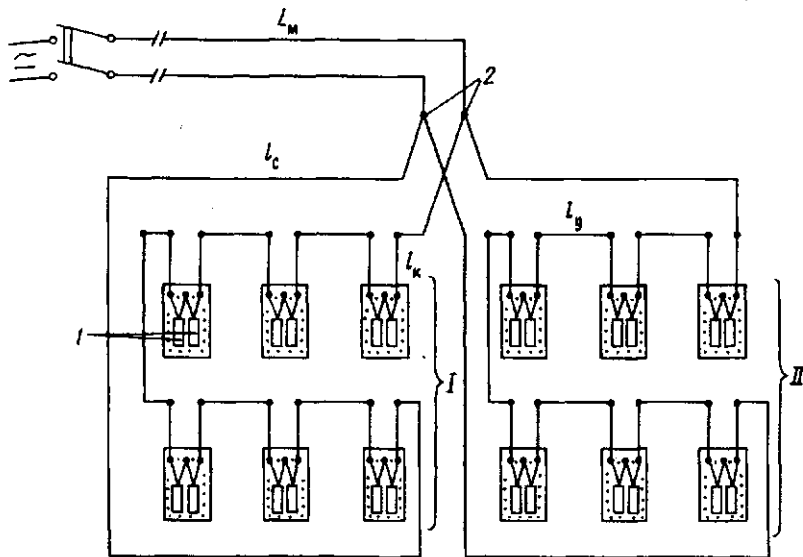


Рис. 20. Схема последовательно-параллельной электровзрывной сети с парно-последовательным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — парно-последовательное соединение электродетонаторов в боевике; 2 — параллельное соединение групп боевиков I и II; L_M — длина магистральных проводов; l_y — длина участковых проводов; l_k — длина концевых проводов

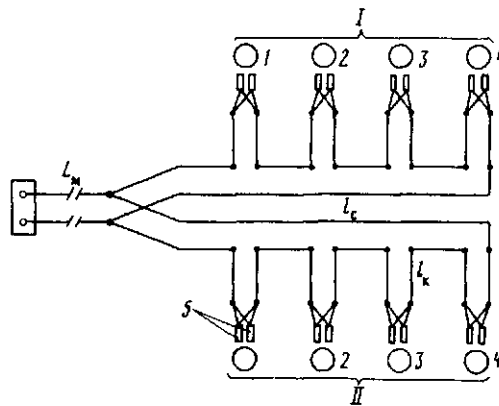
Сила тока, поступающего в каждый ЭД и в каждую ветвь при последовательно-параллельном соединении,

$$I_{\text{в}} = I_{\text{э}} = I_{\text{общ}} / K_{\text{в}} \quad (\text{IV. 41})$$

Сопротивление одной ветви при парно-последовательном соединении ЭД в боевиках (рис. 20)

Рис. 21. Схема последовательно-параллельной электровзрывной сети с парно-параллельным соединением электродетонаторов в боевиках:

1, 2, 3, 4 — боевики, соединенные последовательно в группе; 5 — ЭД, соединенные парно-параллельно в боевика; I и II — группы боевиков, соединенные параллельно в электровзрывной сети



$$R_a = I_c r_c + I_y r_y + n_{гр} I_k r_k + 2n_{гр} r_{э} \quad (IV. 4)$$

Силу тока, поступающего в каждый ЭД, определяют по формуле (IV. 41).

Сопротивление одной ветви при парно-параллельном соединении ЭД в боевиках (рис. 21)

$$R_b = I_c r_c + I_y r_y + n_{гр} I_k r_k + \frac{n_b r_{э}}{2} \quad (IV. 4)$$

где $n_{гр}$ — число боевиков в группе; n_b — число ЭД в боевике.

При таком соединении сила тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_{э} = I_{общ} / (2K_a) \quad (IV. 4)$$

При параллельно-последовательном соединении, когда ЭД в группе соединены в пучок, а группы ЭД между собой последовательно (рис. 22), расчет электровзрывной сети производится по следующим формулам.

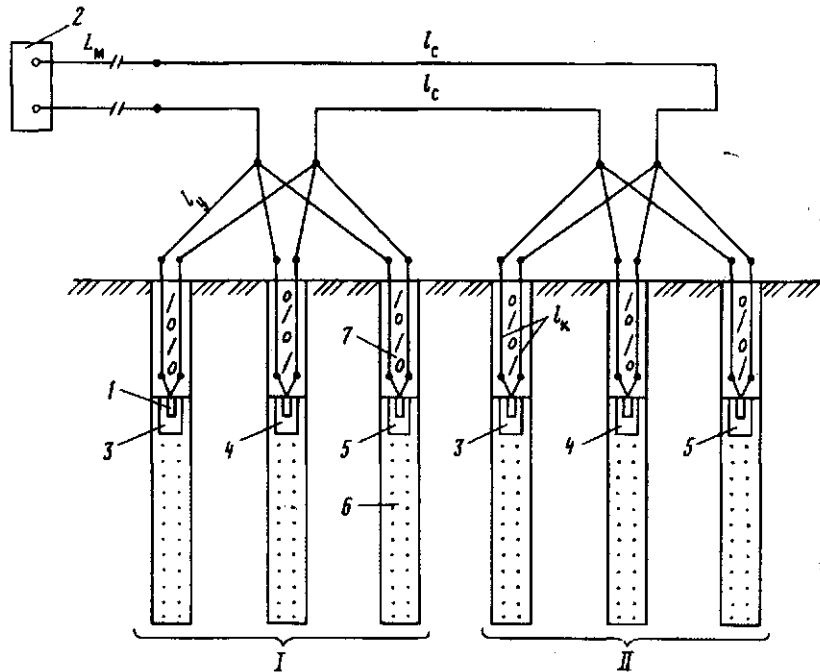


Рис. 22. Схема параллельно-последовательной электровзрывной сети:

1 — электродетонатор; 2 — источник тока; 3, 4, 5 — боевики, соединенные между собой в группе параллельно; 6 — заряд ВВ; 7 — забойка; I, II — группы боевиков, соединенных между собой в электровзрывной сети последовательно

Общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + K_{\text{в}} R_{\text{гр}}, \quad (\text{IV. 45})$$

где $K_{\text{в}}$ — число групп ЭД в сети.

Сопротивление одной группы ЭД при параллельно-последовательном соединении зависит от числа ЭД в боевиках, в способах их соединения.

Сопротивление ветви (пучка) при наличии одного ЭД в боевике (рис. 22)

$$R_{\text{гр}} = \frac{l_{\text{г}} r_{\text{г}} + l_{\text{к}} r_{\text{к}} + r_{\text{э}}}{n_{\text{гр}}}, \quad (\text{IV. 46})$$

При парно-последовательном соединении ЭД в боевиках (рис. 23)

$$R_{\text{гр}} = \frac{l_{\text{г}} r_{\text{г}} + l_{\text{к}} r_{\text{к}} + 2r_{\text{э}}}{n_{\text{гр}}}, \quad (\text{IV. 47})$$

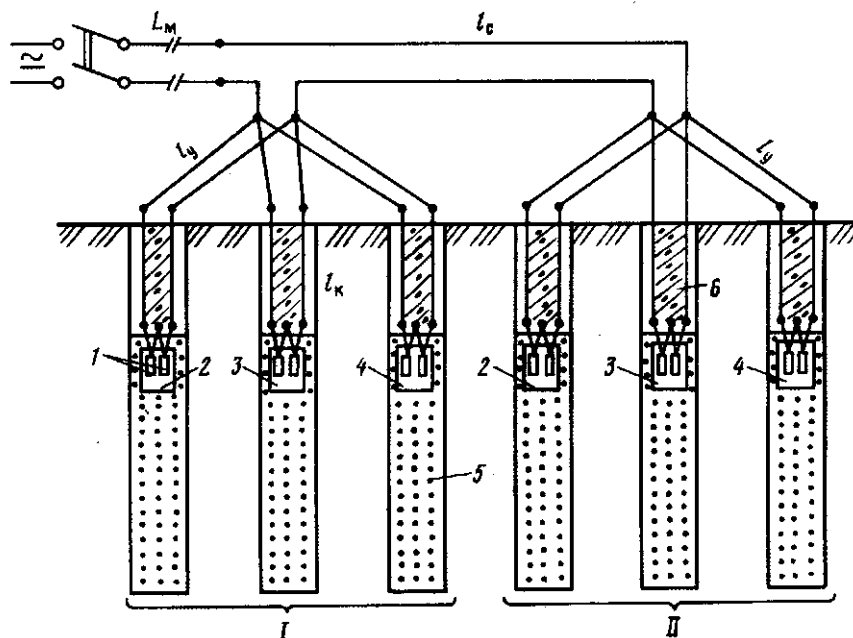


Рис. 23. Схема параллельно-последовательной электровзрывной сети с парно-последовательным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — парно-последовательное соединение электродетонаторов в боевике; 2, 3, 4 — боевики, параллельно соединенные между собой в группе; 5 — заряд ВВ; 6 — забойка; I, II — группы боевиков, последовательно соединенные между собой в электровзрывной сети

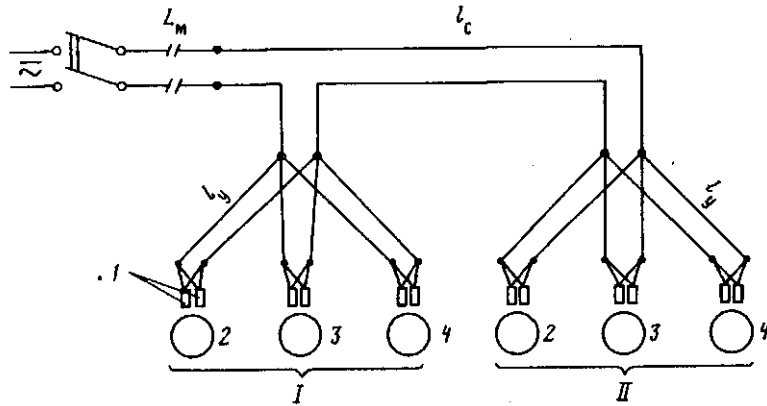


Рис. 24. Схема параллельно-последовательной электровзрывной сети с парно-параллельным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — парно-параллельное соединение электродетонаторов в боевике; 2, 3, 4 — боевики, параллельно соединенные между собой в группе; I, II — группы боевиков, соединенные последовательно между собой в электровзрывной сети

При парно-параллельном соединении ЭД в боевиках (рис. 24)

$$R_{гр} = \frac{l_y r_y + l_k r_k + \frac{r_3}{2}}{n_{гр}} \quad (IV. 48)$$

Силу тока, приходящегося на один ЭД, определяют по формулам: при обычном параллельно-последовательном соединении (см. рис. 22)

$$i_3 = I_{общ} K_B / n_{гр} \quad (IV. 49)$$

при парно-последовательном соединении ЭД в боевиках по формуле (IV. 41); при парно-параллельном соединении ЭД в боевиках по формуле

$$i_3 = I_{общ} K_B / (2n_{гр}) \quad (IV. 50)$$

Пример 50. Для взрывания 24 зарядов используется последовательно-параллельное соединение ЭД в сети. В каждой из шести групп, имеющих одинаковое сопротивление, соединено последовательно по четыре электродетонатора. Параметры электровзрывной сети: глубина расположения боевиков $l_6 = 6$ м, $a = 5$ м, $r_c = r_y = r_k = 0,16$ Ом/м, $r_3 = 4,2$ Ом, $R_M = 3,8$ Ом, длина соединительных проводов в одной ветви $l_c = 24$ м. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД при взрывании от сети переменного тока напряжением 220 В.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную приведенной на рис. 19.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_k = 2l_6 = 2 \cdot 6 = 12 \text{ м.}$$

3. Определяем длину участковых проводов в одной группе

$$l_y = 1,1n_{гр} = 1,1 \cdot 5 \cdot 4 = 22 \text{ м.}$$

4. Находим сопротивление одной ветви. Согласно принципиальной схеме соединения ЭД в группе (см. рис. 19) сопротивление одной ветви определяем по формуле (IV. 40)

$$R_B = I_c r_c + I_y r_y + n_{гр} (r_э + I_k r_k) = \\ = 24 \cdot 0,16 + 22 \cdot 0,16 + 4(4,2 + 12 \cdot 0,16) = 31,84 \text{ Ом.}$$

5. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети по формуле (IV. 38)

$$R_{общ} = R_M + \frac{R_B}{K_B} = 3,8 + \frac{31,84}{6} = 9,1 \text{ Ом.}$$

6. Находим силу тока в сети

$$I_{общ} = U/R_{общ} = 220/9,1 = 24,18 \text{ А.}$$

7. По формуле (IV. 41) определяем силу тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_э = \frac{I_{общ}}{K_э} = \frac{24,18}{6} = 4,03 \text{ А.}$$

8. Проверяем на безотказность взрывания по гарантийному току

$$i_э = 4,03 \text{ А} > i_r = 2,5 \text{ А.}$$

Пример 51. При взрывании 18 зарядов боевики расположены на глубине $l_6 = 9 \text{ м}$, ЭД в боевиках имеют парно-последовательное соединение. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть состоит из двух групп, имеющих одинаковое сопротивление. Известные параметры электровзрывной сети: $R_M = 4,4 \text{ Ом}$, $R_{1c} = R_{2c} = 7 \text{ Ом}$, $R_{1y} = R_{2y} = 8 \text{ Ом}$, $r_э = 5,6 \text{ Ом}$, $r_k = 0,16 \text{ Ом/м}$.

Определить напряжение источника переменного тока.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную рис. 20.

2. Определяем сопротивление концевых проводов в одном боевике

$$R_k = 2l_6 r_k = 2 \cdot 9 \cdot 0,16 = 2,88 \text{ Ом.}$$

3. Определяем сопротивление одной ветви

$$R_B = R_c + R_y + n_{гр} R_k + 2n_{гр} r_э = 7 + 8 + 9 \cdot 2,88 + \\ + 2 \cdot 9 \cdot 5,6 = 141,72 \text{ Ом.}$$

4. По формуле (IV. 38) находим общее сопротивление электро-взрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{в}}/K_{\text{в}} = 4,4 + 141,72/2 = 75,26 \text{ Ом.}$$

5. По гарантийной силе тока определяем общую силу тока в сети

$$I_{\text{общ}} = i_{\text{г}} K_{\text{в}} = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ А.}$$

6. Определяем требуемое напряжение источника тока

$$U = R_{\text{общ}} I_{\text{общ}} = 75,26 \cdot 5 = 376,3 \text{ В.}$$

Принимаем для взрывания источник переменного тока со стандартным напряжением 380 В.

Пример 52. Определить допустимое число ветвей в последовательно-параллельной сети при взрывании от источника постоянного тока напряжением 127 В по следующим известным параметрам: число зарядов (боевиков) в группе $n_{\text{гр}} = 8$, $R_{\text{с}} = 4,6 \text{ Ом}$, $R_{\text{у}} = 4,4 \text{ Ом}$, $R_{\text{к}} = 1,8 \text{ Ом}$, $r_{\text{з}} = 4 \text{ Ом}$, $R_{\text{м}} = 6,5 \text{ Ом}$, $i_{\text{г}} = 1 \text{ А}$. ЭД в боевиках имеют парно-параллельное соединение (см. рис. 24).

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную рис. 21.

2. Находим сопротивление одного боевика

$$R_{\text{б}} = R_{\text{к}} + r_{\text{з}}/2 = 1,8 + 4/2 = 3,8 \text{ Ом.}$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети. При решении таких примеров и задач общее сопротивление сети и сила тока определяются подбором, начиная с наименьшего числа ветвей.

Для двух ветвей

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + \frac{R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + n_{\text{гр}} R_{\text{б}}}{K_{\text{в}}} = 6,5 + \frac{4,6 + 4,4 + 3,8 \cdot 8}{2} = 26,2 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{общ}} = 127/26,2 = 4,85 \text{ А;}$$

$$i_{\text{з}} = \frac{I_{\text{общ}}}{2K_{\text{в}}} = \frac{4,85}{4} = 1,21 \text{ А;}$$

$$i_{\text{з}} = 1,21 \text{ А} > i_{\text{г}} = 1 \text{ А.}$$

Для трех ветвей

$$R_{\text{общ}} = 6,5 + \frac{4,6 + 4,4 + 8 \cdot 3,8}{3} = 19,63 \text{ Ом;}$$

$$I_{\text{общ}} = 127/19,63 = 6,47 \text{ А;}$$

$$i_3 = 6,47 / (2 \cdot 3) = 1,08 \text{ A}, \quad i_3 = 1,08 \text{ A} > i_r = 1 \text{ A}.$$

Для четырех ветвей

$$R_{\text{общ}} = 6,5 + \frac{4,6 + 4,4 + 8 \cdot 3,8}{4} = 16,35 \text{ Ом},$$

$$I_{\text{общ}} = 127 / 16,35 = 7,77 \text{ A}, \quad i_3 = 7,77 / (2 \cdot 4) = 0,97 \text{ A}.$$

$$i_3 = 0,97 \text{ A} < i_r = 1 \text{ A}.$$

Проведенный расчет показывает, что наибольшее допустимое число ветвей, при котором обеспечивается поступление гарантийного тока в каждый ЭД, составляет $N_v = 3$.

Пример 53. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть, состоящая из трех групп с различным сопротивлением, взрывается от сети переменного тока напряжением 380 В. $R_m = 5 \text{ Ом}$, $R_{1в} = 50 \text{ Ом}$, $R_{2в} = 60 \text{ Ом}$, $R_{3в} = 70 \text{ Ом}$. Определить силу тока, поступающего в каждую ветвь и в ЭД каждой ветви.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему и определяем общее сопротивление электровзрывной сети по формуле (IV. 39)

$$R_{\text{общ}} = R_m + \frac{1}{\frac{1}{R_{1в}} + \frac{1}{R_{2в}} + \frac{1}{R_{3в}}} = 5 + \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{60} + \frac{1}{70}} \approx$$

$$\approx 25 \text{ Ом}.$$

2. Находим силу тока в магистрали до разветвления

$$I_{\text{общ}} = U / R_{\text{общ}} = 380 / 25 = 15,2 \text{ A}.$$

3. Находим силу тока в ветвях

$$I_v = \frac{U - U_m}{R_m} \quad (\text{IV. 51})$$

падение напряжения в магистрали

$$U_m = I_m R_m = I_{\text{общ}} R_m = 15,2 \cdot 5 = 76 \text{ В}. \quad (\text{IV. 52})$$

$$I_{1в} = \frac{380 - 15,2 \cdot 5}{60} = 6,08 \text{ A};$$

$$I_{2в} = \frac{380 - 15,2 \cdot 5}{60} = 5,07 \text{ A};$$

$$I_{3в} = \frac{380 - 15,2 \cdot 5}{70} = 4,34 \text{ А}$$

Во всех ветвях ток выше гарантийного $i_r = 2,5 \text{ А}$. Взрывание возможно.

Задача 126. От источника переменного тока напряжением 220 В требуется взорвать в последовательно-параллельной сети шесть групп ЭД, имеющих одинаковое сопротивление. Сопротивление магистрали 3,7 Ом. Определить допустимое сопротивление одной ветви (группы).

Задача 127. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть состоит из четырех групп с одинаковым сопротивлением 40 Ом. В качестве источника тока используется взрывной прибор КПМ-3. Определить допустимое сопротивление магистрали.

Задача 128. Для взрывания 80 шпуров использовано последовательно-параллельное соединение электровзрывной сети. Определить напряжение источника переменного тока для взрывания данной серии зарядов по следующим известным параметрам электровзрывной сети: число групп $n_{гр} = 4$; $R_6 = r_3 = 2,4 \text{ Ом}$, $R_M = 3,8 \text{ Ом}$, $R_C = 12 \text{ Ом}$, $R_Y = 2 \text{ Ом}$.

Задача 129. В 36 зарядах боевики располагают на глубине 8 м, расстояние между зарядами 6 м, $r_3 = 3,5 \text{ Ом}$. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть состоит из шести групп с одинаковым сопротивлением. Длина соединительных проводов в каждой группе 42 м, $R_M = 5,2 \text{ Ом}$, $r_C = 0,12 \text{ Ом/м}$, $r_K = r_Y = 0,13 \text{ Ом/м}$. Источник переменного тока имеет напряжение 380 В. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД.

Задача 130. В последовательно-параллельной электровзрывной сети ЭД соединены в три группы, имеющие разное сопротивление. Известные общие параметры электровзрывной сети: $R_M = 3,4 \text{ Ом}$, $r_3 = 4,2 \text{ Ом}$, $r_C = 0,12 \text{ Ом/м}$, $r_Y = 0,13 \text{ Ом/м}$, $r_K = 0,16 \text{ Ом/м}$. Взрывание от сети переменного тока напряжением 380 В.

Первая группа: $n_{гр1} = 10$, $l_{16} = 5 \text{ м}$, $a_1 = 5,2 \text{ м}$, $l_{1c} = 67 \text{ м}$; вторая группа: $n_{гр2} = 12$, $l_{26} = 6 \text{ м}$, $a_2 = 6 \text{ м}$, $l_{2c} = 83 \text{ м}$; третья группа: $n_{гр3} = 14$, $l_{36} = 7 \text{ м}$, $a_3 = 6,5 \text{ м}$, $l_{3c} = 104 \text{ м}$. Определить силу тока, поступающего в ЭД каждой ветви.

Задача 131. Какое напряжение должен иметь источник постоянного тока при взрывании 120 электродетонаторов, объединенных в шести группах в последовательно-параллельной электровзрывной сети. Известные параметры: $R_M = 4,4 \text{ Ом}$, $R_3 = 102 \text{ Ом}$.

Задача 132. В скважинных зарядах боевики с парно-последовательным соединением ЭД располагают на глубине 8 м. Расстояние между зарядами 5,8 м. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть состоит из четырех групп с одинаковым сопротивлением. В каждой группе по десять боевиков. $R_M = 8 \text{ Ом}$, $r_3 = 5,6 \text{ Ом}$, $l_C = 7 \text{ м}$, $r_C = r_K = 0,16 \text{ Ом/м}$. Определить общее сопротивление электровзрывной сети.

Задача 133. Три группы боевиков с разным сопротивлением с парно-

последовательным соединением ЭД взрываются в последовательно-параллельной электровзрывной сети от источника переменного тока напряжением 380 В. Известны следующие общие параметры электровзрывной сети: $R_M = 4,6$ Ом, $r_3 = 3,6$ Ом, $r_c = r_v = r_k = 0,12$ Ом/м. Первая группа: $n_{гр1} = 10$, $a_1 = 6,5$ м, $l_{16} = 6$ м, $l_{1c} = 80$ м; вторая группа: $n_{гр2} = 8$, $a_2 = 6$ м, $l_{26} = 5,7$ м, $l_{2c} = 54$ м; третья группа: $n_{гр3} = 7$, $a_3 = 5,5$ м, $l_{36} = 5,5$ м, $l_{3c} = 42$ м. Определить силу тока, поступающего в ЭД каждой ветви и магистраль.

Задача 134. Определить возможность взрывания последовательно-параллельной сети от взрывного прибора КПМ-3 при следующих условиях взрывания. Электродетонаторы соединены парно-последовательно, число групп — четыре, число боевиков в группе — 12, $R_M = 6$ Ом, $r_3 = 3,2$ Ом, $R_c = 11$ Ом, $R_v = 9$ Ом, $R_k = 1,3$ Ом.

Задача 135. Для взрывания 75 зарядов используется последовательно-параллельная электровзрывная сеть с парно-параллельным соединением ЭД в боевиках. Электровзрывная сеть состоит из трех групп с одинаковым сопротивлением. В каждой группе $R_c = 22$ Ом, $R_v = 20$ Ом, $R_k = 1,4$ Ом, $r_3 = 3,8$ Ом. Магистраль из стальных проводов площадью сечения $2,5$ мм² имеет длину 220 м. Определить требуемое напряжение источника постоянного тока для безопасного взрывания данной электровзрывной сети.

Задача 136. Последовательно-параллельная электровзрывная сеть, состоящая из четырех групп с различным сопротивлением, взрывается от сети переменного тока напряжением 380 В. Боевики в зарядах с парно-параллельным соединением ЭД. Общие параметры сети: $R_M = 3,7$ Ом, $r_3 = 3,6$ Ом, $r_c = r_v = r_k = 0,12$ Ом/м. Первая группа: $n_{гр1} = 9$, $l_{16} = 4$ м, $a_1 = 4,2$ м, $l_{1c} = 45$ м; вторая группа: $n_{гр2} = 11$, $l_{26} = 4,4$ м, $a_2 = 4,5$ м, $l_{2c} = 60$ м; третья группа: $n_{гр3} = 10$, $l_{36} = 4,8$ м, $a_3 = 5,1$ м, $l_{3c} = 62$ м; четвертая группа: $n_{гр4} = 6$, $l_{46} = 5,2$ м, $a_4 = 5,4$ м, $l_{4c} = 44$ м. Определить силу тока, поступающего в каждую ветвь $l_{1в}$, $l_{2в}$, $l_{3в}$, $l_{4в}$ и в каждый ЭД в ветвях i_{13} , i_{23} , i_{33} , i_{43} .

Задача 137. Взрывание последовательно-параллельной электровзрывной сети производится от источника переменного тока напряжением 220 В. ЭД в боевиках имеют парно-параллельное соединение. Определить максимальное число ЭД для соединения в четырех ветвях электровзрывной сети при следующих условиях взрывания: $a = 5,8$ м, $l_6 = 7$ м, $r_3 = 2,8$ Ом, $r_v = r_k = 0,12$ Ом/м, $R_c = 1,2$ Ом, $R_M = 3,7$ Ом.

Вторым распространенным видом смешанного соединения ЭД является параллельно-последовательное соединение. Примеры и задачи для параллельно-последовательного соединения электровзрывных сетей рассмотрены ниже.

Пример 54. Три группы ЭД соединены в параллельно-последовательную электровзрывную сеть. Каждая из групп имеет по 12 ЭД, соединенных в пучок. Боевики с одним ЭД расположены на глубине 8 м. Для каждого заряда $l_v = 24$ м. Длина соединительных проводов в сети $l_c = 160$ м, $R_M = 6$ Ом, $r_3 = 5,6$ Ом, $r_v = r_c = r_k = 0,12$ Ом/м. Опреде-

лить силу тока, поступающего в каждый ЭД при взрывании от сети переменного тока напряжением 200 В.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную приведенной на рис. 22.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_{к} = 2l_{б} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м.}$$

3. Находим сопротивление одной группы (ветви)

$$R_{гр} = \frac{i_{у} r_{у} + i_{к} r_{к} + r_{э}}{n_{гр}} = \frac{24 \cdot 0,12 + 16 \cdot 0,12 + 5,6}{12} = 0,87 \text{ Ом}$$

4. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{общ} = R_{м} + R_{с} + N_{в} R_{гр} = 6 + 160 \cdot 0,12 + 3 \cdot 0,87 = 27,81 \text{ Ом.}$$

5. Общую силу тока в сети находим по формуле

$$I_{общ} = U/R_{общ} = 220/27,81 = 7,91 \text{ А.}$$

6. Определяем силу тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_{э} = I_{общ} N_{в} / n_{гр} = 7,92 \cdot 3 / 12 = 1,98 \text{ А.}$$

$i_{э} = 1,98 \text{ А} < i_{г} = 2,5 \text{ А}$. Следовательно, данная электровзрывная сеть не сработает от сети переменного тока напряжением 220 В.

Пример 55. При взрывании 30 скважинных зарядов в параллельно-последовательной электровзрывной сети ЭД в боевиках имеют параллельно-последовательное соединение. Электровзрывная сеть состоит из четырех групп, имеющих различное сопротивление. Общие параметры электровзрывной сети: $R_{м} = 4 \text{ Ом}$, $r_{э} = 3,2 \text{ Ом}$, $r_{с} = r_{у} = r_{к} = 0,025 \text{ Ом/м}$, $l_{с} = 240 \text{ м}$; первой группы: $n_{гр1} = 6$, $l_{1б} = 4 \text{ м}$, $l_{1у} = 28 \text{ м}$; второй группы: $n_{гр2} = 9$, $l_{2б} = 3 \text{ м}$, $l_{2у} = 30 \text{ м}$; третьей группы: $n_{гр3} = 8$, $l_{3б} = 5 \text{ м}$, $l_{3у} = 32 \text{ м}$; четвертой группы: $n_{гр4} = 7$, $l_{4б} = 4 \text{ м}$, $l_{4у} = 30 \text{ м}$.

Определить силу тока, поступающего в каждый боевик группы с наибольшим числом боевиков при взрывании от сети переменного тока напряжением 220 В.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную изображенной на рис. 23.

2. Определяем длину концевых проводов в группах

$$l_{1к} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ м}, \quad l_{2к} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м}, \quad l_{3к} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ м},$$

$$l_{4к} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ м.}$$

3. Определяем сопротивление каждой группы

$$R_{1гр} = \frac{i_{1y} r_y + i_{1k} r_k + 2r_z}{n_{гр1}} = \frac{28 \cdot 0,025 + 8 \cdot 0,025 + 2 \cdot 3,2}{6} =$$

$$= 1,21 \text{ Ом};$$

$$R_{2гр} = \frac{30 \cdot 0,025 + 6 \cdot 0,025 + 2 \cdot 3,2}{9} = 0,81 \text{ Ом};$$

$$R_{3гр} = \frac{32 \cdot 0,025 + 10 \cdot 0,025 + 2 \cdot 3,2}{8} = 0,93 \text{ Ом};$$

$$R_{4гр} = \frac{30 \cdot 0,025 + 8 \cdot 0,025 + 2 \cdot 3,2}{7} = 1,05 \text{ Ом}.$$

4. Общее сопротивление электровзрывной сети в этом случае определяют по формуле

$$R_{общ} = R_m + R_c + R_{1гр} + R_{2гр} + \dots + R_{лгр} =$$

$$= 4 + 240 \cdot 0,025 + 1,21 + 0,81 + 0,93 + 1,05 = 14 \text{ Ом}. \quad (\text{IV. 53})$$

5. Определяем общую силу тока в электровзрывной сети

$$I_{общ} = U/R_{общ} = 220/14 = 15,7 \text{ А}.$$

6. Определяем силу тока, поступающего в каждый боевик группы, имеющей наибольшее число боевиков.

Из четырех групп наибольшее число боевиков во второй группе $n_{гр2} = 9$.

Учитывая незначительную разность между сопротивлением отдельных групп, сила тока, поступающего в каждый боевик, с допустимой погрешностью может быть определена по формуле

$$i_6 = I_{общ} N_v/n_{гр2} = 15,7 \cdot 4/9 = 6,98 \text{ А}.$$

Пример 56. В параллельно-последовательной электровзрывной сети, состоящей из пяти групп с одинаковым сопротивлением, ЭД в боевиках имеют парно-параллельное соединение. В каждой группе семь боевиков. Определить напряжение переменного тока при следующих параметрах электровзрывной сети: $R_m = 5,2 \text{ Ом}$; $R_c = 7,8 \text{ Ом}$; $R_k = 0,75 \text{ Ом}$; $R_y = 2,6 \text{ Ом}$; $r_z = 4,2 \text{ Ом}$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему, подобную изображенной на рис. 24.

2. Определяем сопротивление одной группы ЭД

$$R_{гр} = \frac{R_y + R_k + \frac{r_3}{2}}{n_{гр}} = \frac{2,6 + 0,75 + \frac{4,2}{2}}{5} = 0,87 \text{ Ом.}$$

3. Находим общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{общ} = R_m + R_c + N_B R_{гр} = 5,2 + 7,8 + 5 \cdot 0,87 = 17,35 \text{ Ом.}$$

4. Общая сила тока в электровзрывной сети при $i_r = 2,5 \text{ А}$.

$$I_{общ} = \frac{i_r \cdot 2n_{гр}}{N_B} = \frac{2,5 \cdot 2 \cdot 7}{5} = 7 \text{ А.}$$

5. Напряжение источника переменного тока

$$U = I_{общ} R_{общ} = 7 \cdot 17,35 = 121,45 \text{ В} \leq 127 \text{ В.}$$

Задача 138. Для взрывания серии из 36 зарядов используется параллельно-последовательная электровзрывная сеть, состоящая из четырех групп с одинаковым сопротивлением. Боевики в зарядах соединены парно-параллельно. Известны следующие величины: $l_6 = 6 \text{ м}$, $l_y = 28 \text{ м}$, $l_c = 180 \text{ м}$, $r_c = r_y = 0,12 \text{ Ом/м}$, $r_k = 0,16 \text{ Ом/м}$, $r_3 = 3,6 \text{ Ом}$, $R_m = 4,8 \text{ Ом}$. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД от источника переменного тока напряжением 220 В.

Задача 139. В параллельно-последовательной электровзрывной сети, состоящей из двух групп с одинаковым сопротивлением, ЭД в боевиках имеют парно-параллельное соединение. В каждой группе девять боевиков. Определить напряжение переменного тока при следующих параметрах электровзрывной сети: $R_m = 6 \text{ Ом}$, $R_c = 9 \text{ Ом}$, $R_k = 1,6 \text{ Ом}$, $R_y = 3 \text{ Ом}$, $r_3 = 4 \text{ Ом}$.

Задача 140. В 42 скважинных зарядах боевики с парно-последовательным соединением ЭД располагаются на глубине 5 м. Шесть групп боевиков, имеющих равное сопротивление, соединены в параллельно-последовательной электровзрывной сети. Известны следующие величины: $l_y = 26 \text{ м}$, $l_c = 220 \text{ м}$, $r_c = r_y = r_k = 0,04 \text{ Ом/м}$, $r_3 = 3,1 \text{ Ом}$, $R_m = 3,1 \text{ Ом}$. Определить напряжение источника переменного тока для взрывания данной электровзрывной сети.

Задача 141. В пяти группах параллельно-последовательной электровзрывной сети требуется взорвать 45 ЭД от источника переменного тока напряжением 220 В. Определить допустимое сопротивление одного ЭД, при $R_m = 9,1 \text{ Ом}$, $R_c = 28,9 \text{ Ом}$, $R_y = 6,6 \text{ Ом}$, $R_k = 2,3 \text{ Ом}$.

§ 16. Расчет дублированных электровзрывных сетей

Для обеспечения безотказности взрывания зарядов в ряде случаев проводится дублирование электровзрывных сетей. Обязательно дублирование взрывных сетей при взрывании скважин глубиной более 15 м и камерных зарядов. Дублирование может проводиться как второй электровзрывной сетью, так и детонирующим шнуром. При дублировании в заряде располагают два боевика, два узла детонирующего шнура (ДШ) или ЭД, имеющие выводные концы на поверхности. Электровзрывные сети, в которых боевики имеют два ЭД на одну пару концевых проводов (см. рис. 11, 12), не относятся к дублированным, так как в них ни один участок сети не дублируется.

При дублировании или монтируются две одинаковые электровзрывные сети, которые взрываются от одного источника тока, или для взрывания каждого заряда обязательно выполняется две самостоятельные ветви от поверхности земли до боевика.

Ниже приведены примеры и задачи по нескольким схемам дублирования электровзрывных сетей.

Наиболее простой является схема дублирования последовательной сети, в которой боевики в зарядах имеют парно-последовательное соединение (рис. 25).

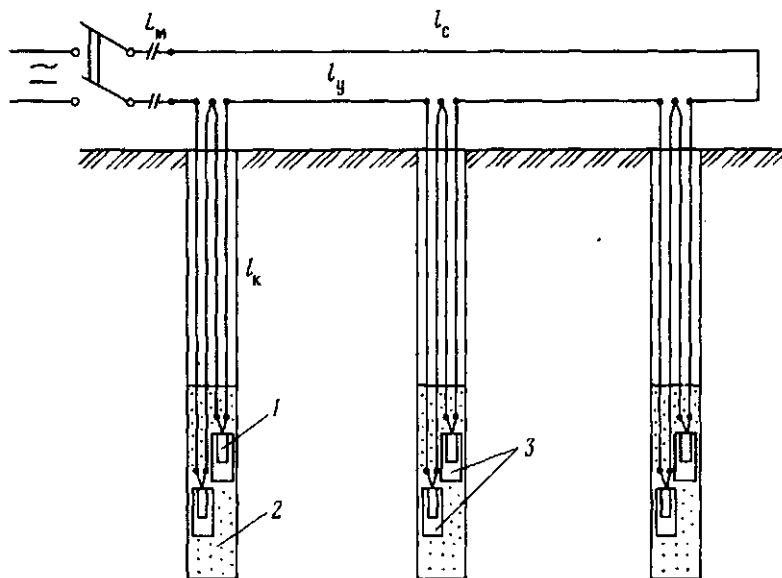


Рис. 25. Схема дублированной последовательной электровзрывной сети с парно-последовательным соединением боевиков в зарядах:

1 — электродетонатор; 2 — заряд ВВ; 3 — боевики, соединенные парно-последовательно в заряде

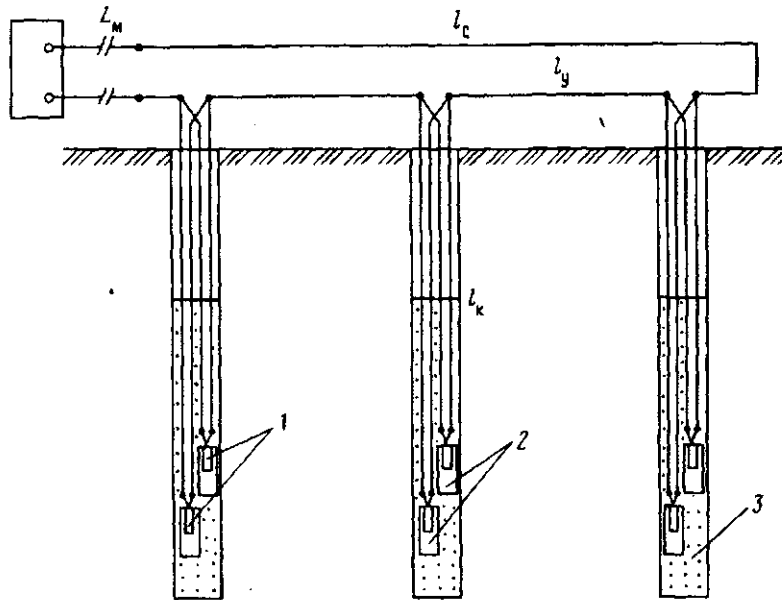


Рис. 26. Схема дублированной электровзрывной сети с парно-параллельным соединением боевиков в зарядах:
 1 — электродетонатор; 2 — боевики, соединенные парно-параллельно в зарядах; 3 — заряд ВВ

Для такой схемы дублирования общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + 2N(I_{\text{к}} r_{\text{к}} + r_{\text{з}}). \quad (\text{IV. 54})$$

Сила тока, поступающего в каждый ЭД, определяется по формуле (IV. 19).

При парно-параллельном соединении боевиков в зарядах (рис. 26) общее сопротивление последовательной электровзрывной сети определяется по формуле

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + 2N \left(\frac{I_{\text{к}} r_{\text{к}} + r_{\text{з}}}{2} \right). \quad (\text{IV. 55})$$

Сила тока, поступающего в каждый ЭД, в два раза меньше.

При использовании для дублирования парно-последовательных боевиков с парно-последовательным соединением ЭД в них (рис. 27) общее сопротивление последовательной электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + 2N I_{\text{к}} r_{\text{к}} + 4N r_{\text{з}}. \quad (\text{IV. 56})$$

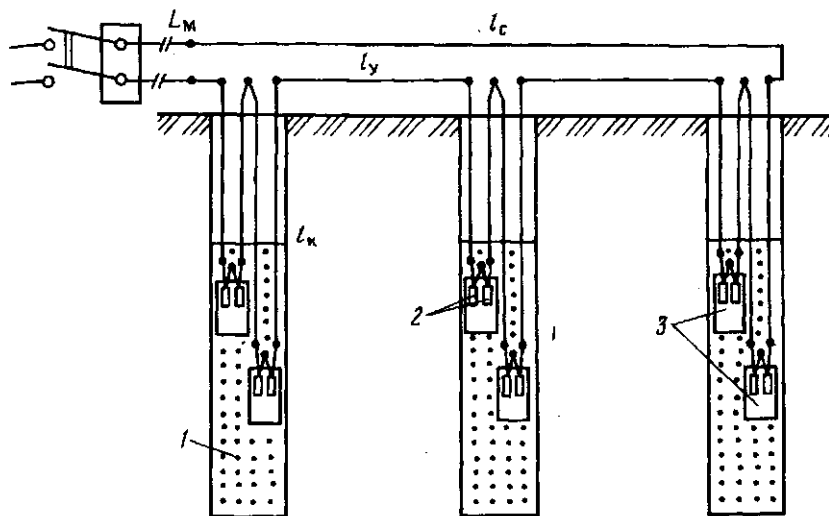


Рис. 27. Схема дублированной последовательной электровзрывной сети с парно-последовательным соединением боевиков в зарядах и парно-последовательным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — заряд ВВ; 2 — электродетонаторы, соединенные парно-последовательно в боевике; 3 — боевики, соединенные парно-последовательно в заряде

Силу тока, поступающего в каждый боевик, рассчитывают по формуле (IV. 19). Если в дублированной последовательной электровзрывной сети парно-параллельные боевики имеют парно-параллельные ЭД (рис. 28), то общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + N \left(\frac{R_{\text{к}}}{2} + \frac{r_{\text{э}}}{4} \right). \quad (\text{IV. 57})$$

Сила тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_{\text{э}} = i_{\text{б}}/2. \quad (\text{IV. 58})$$

При дублировании используется двойная последовательная электровзрывная сеть (рис. 29).

Общее сопротивление двойной последовательной электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + \frac{R_{\text{с}} + R_{\text{у}} + NR_{\text{б}}}{2}. \quad (\text{IV. 59})$$

Сила тока, поступающего в каждый боевик и ЭД

$$i_{\text{б}} = i_{\text{э}} = I_{\text{общ}}/2. \quad (\text{IV. 60})$$

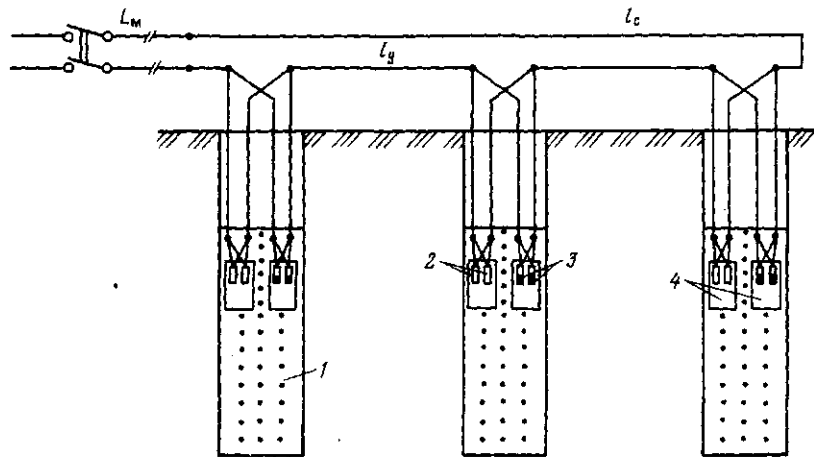


Рис. 28. Схема дублированной последовательной электровзрывной сети с парно-параллельным соединением боевиков в зарядах с парно-параллельным соединением электродетонаторов в боевиках:

1 — заряд ВВ; 2 — парно-параллельное соединение электродетонаторов в боевике основной сети; 3 — парно-параллельное соединение электродетонаторов в боевике дублирующей сети; 4 — парно-параллельное соединение боевиков основной и дублирующей сети

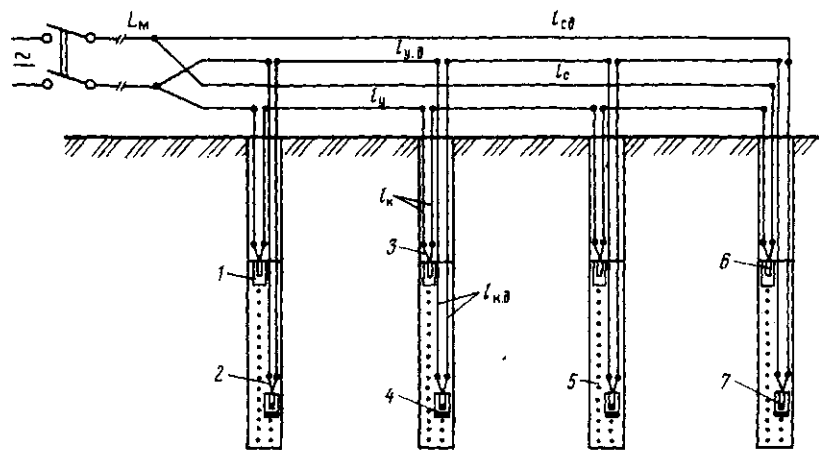


Рис. 29. Схема двойной последовательной электровзрывной сети:

1 — боевик основной взрывной сети; 2, 3 — детонаторные провода основной и дублирующей сети; 4 — боевик дублирующей сети; 5 — заряд ВВ; 6 — электродетонатор основной взрывной сети; 7 — электродетонатор дублирующей взрывной сети; l_k, l_y, l_c — провода основной электровзрывной сети; $l_{к.д}, l_{y.д}, l_{с.д}$ — провода дублирующей электровзрывной сети

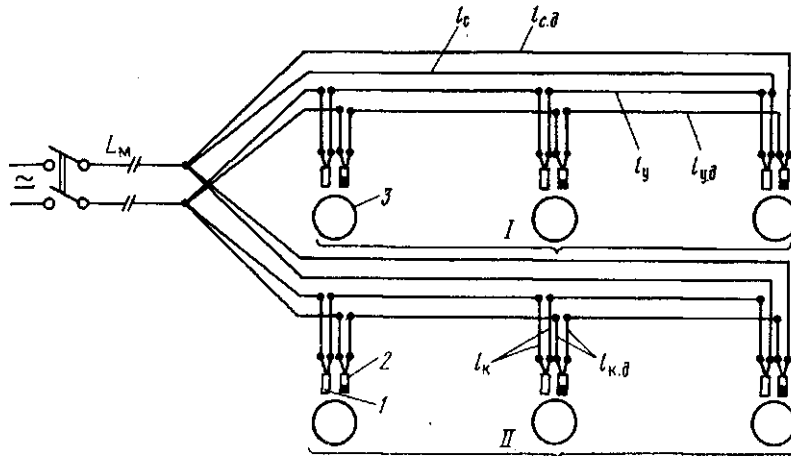


Рис. 30. Схема последовательно-параллельной дублированной электровзрывной сети:

1 – электродетонаторы, соединенные в группе последовательно в основной сети; 2 – электродетонатор дублирующей сети; 3 – заряд ВВ; I, II – группы ЭД, соединенные между собой параллельно; l_k, l_y, l_c – провода основной сети; $l_{к.д}, l_{y.д}, l_{с.д}$ – провода дублирующей сети

Общее сопротивление последовательно-параллельной дублированной электровзрывной сети (рис. 30)

$$R_{\text{общ}} = R_m + \frac{R_{в.с} + R_{в.у} + n_{гр} R_б}{N_v^2}, \quad (IV. 61)$$

где $R_{в.с}$ – сопротивление соединительных проводов одной ветви, Ом; $R_{в.у}$ – сопротивление участковых проводов одной ветви, Ом; $n_{гр}$ – число зарядов в группе; N_v – число групп (ветвей) в сети.

Сила тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_э = I_{\text{общ}} / N_v^2. \quad (IV. 62)$$

При дублировании детонирующим шнуром электровзрывную сеть рассчитывают в обычном порядке, только в ряде схем необходимо учитывать сопротивление ЭД, используемых для инициирования сети из детонирующего шнура. На рис. 31 изображена схема дублирования последовательной электровзрывной сети детонирующим шнуром. ЭД для инициирования магистрали ДШ имеют парно-последовательное или парно-параллельное соединение.

Общее сопротивление последовательной электровзрывной сети в этом случае определяют по формуле

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + NR_б + 2r_з. \quad (IV. 63)$$

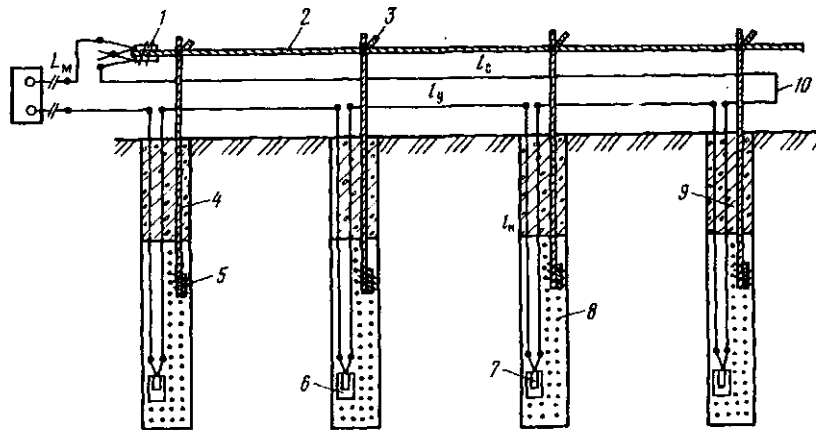


Рис. 31. Схема последовательной электровзрывной сети, дублированной детонирующим шнуром:

1 — электродетонаторы, инициирующие магистраль ДШ; 2 — взрывная сеть из детонирующего шнура; 3 — морской узел ДШ; 4 — детонационный отрезок ДШ; 5 — узел ДШ; 6 — боевик; 7 — ЭД, инициирующий боевик; 8 — заряд ВВ; 9 — забойка; 10 — электровзрывная сеть

Расход ДШ на дублирование

$$L_{\text{ДШ}} = K_1 N(a + l_6), \quad (\text{IV. 64})$$

где $K_1 = 1,1$ — коэффициент, учитывающий расход ДШ на узлы и слабины.

Пример 57. Последовательную электровзрывную сеть дублируют парно-последовательным соединением боевиков в зарядах. Определить возможность взрывания от прибора КПМ-3 по следующим параметрам: число зарядов 42, $a = 6$ м, $l_6 = 8$ м, $r_y = r_k = 0,08$ Ом/м, $r_3 = 3$ Ом, $R_m = 6,4$ Ом.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную изображенной на рис. 25.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_k = 2l_6 = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м.}$$

3. Находим длину участковых и соединительных проводов

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 6 \cdot 42 = 277 \text{ м;}$$

$$l_c = 1,2aN = 1,2 \cdot 6 \cdot 42 = 302 \text{ м.}$$

4. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + 2N(l_k r_k + r_3) =$$

$$= 6,4 + 302 \cdot 0,08 + 277 \cdot 0,08 + 2 \cdot 42 (16 \cdot 0,08 + 3) = 412,3 \text{ Ом.}$$

5. По паспортному сопротивлению $R_n = 600 \text{ Ом}$ определяем возможность взрывания от прибора КПМ-3

$$R_{\text{общ}} = 412,3 \text{ Ом} < R_n = 600 \text{ Ом.}$$

Следовательно, прибор КПМ-3 обеспечивает взрыв.

Пример 58. I. Определить напряжение источника переменного тока для взрывания дублированной последовательной электровзрывной сети, имеющей парно-последовательное соединение боевиков в зарядах. Электродетонаторы в боевиках имеют также парно-последовательное соединение. Известные параметры электровзрывной сети: число зарядов $N = 10$, $R_m = 3,2 \text{ Ом}$, $R_c = 2,6 \text{ Ом}$, $R_y = 2,4 \text{ Ом}$. Боевики в зарядах располагают на глубине $l_b = 18 \text{ м}$, $r_k = 0,04 \text{ Ом/м}$, $r_z = 2,8 \text{ Ом}$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, подобную приведенной на рис. 27.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_k = 2l_b = 2 \cdot 18 = 36 \text{ м.}$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$\begin{aligned} R_{\text{общ}} &= R_m + R_c + R_y + 2Nl_k r_k + 4Nr_z = \\ &= 3,2 + 2,6 + 2,4 + 2 \cdot 10 \cdot 36 \cdot 0,04 + 4 \cdot 10 \cdot 2,8 = 149 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

4. Определяем требуемое напряжение источника переменного тока

$$U = I_r R_{\text{общ}} = 2,5 \cdot 149 = 372,5 \text{ В.}$$

Принимаем для взрывания сети источник переменного тока со стандартным напряжением 380 В.

II. В последовательной дублированной электровзрывной сети ЭД в боевиках имеют парно-параллельное соединение. Боевики в зарядах имеют также парно-параллельное соединение между собой. Взрывание производится от сети переменного тока напряжением 220 В. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД, по следующим данным: число зарядов $N = 8$, глубина расположения боевиков $l_b = 22 \text{ м}$, $r_k = 0,04 \text{ Ом/м}$, $r_z = 2,8 \text{ Ом}$, $R_m = 3,8 \text{ Ом}$, $R_c = 1,7 \text{ Ом}$, $R_y = 1,3 \text{ Ом}$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную изображенной на рис. 28.

2. Находим длину концевых проводов

$$l_k = 2l_b = 22 \cdot 2 = 44 \text{ м.}$$

3. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + N \left(\frac{R_k}{2} + \frac{r_3}{4} \right) =$$

$$= 3,8 + 1,7 + 1,3 + 8 \left(\frac{44 \cdot 0,04}{2} + \frac{2,8}{4} \right) = 19,44 \text{ Ом.}$$

4. Определяем общую силу тока в электровзрывной сети

$$I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 220/19,44 = 11,32 \text{ А.}$$

5. Находим силу тока, поступающего в каждый боевик

$$i_6 = I_{\text{общ}}/2 = 11,32/2 = 5,66 \text{ А.}$$

6. Сила тока, поступающего в каждый ЭД, определяется по формуле

$$i_3 = i_6/2 = 5,66/2 = 2,83 \text{ А} > i_r = 2,5 \text{ А.}$$

Следовательно, взрывание возможно.

Пример 59. Последовательно-параллельная дублированная электровзрывная сеть взрывается от источника переменного тока напряжением 380 В. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД, по следующим параметрам электровзрывной сети: число групп зарядов $N_B = 4$, число зарядов в группе $n_{\text{гр}} = 16$, $R_6 = 4,4$ Ом, сопротивление соединительных проводов одной ветви $R_{в.с} = 3,4$ Ом, сопротивление участков проводов одной ветви $R_{в.у} = 2,8$ Ом, $R_m = 4,6$ Ом.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети, аналогичную изображенной на рис. 30.

2. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + \frac{R_{в.с} + R_{в.у} + n_{\text{гр}} R_6}{N_B} =$$

$$= 4,6 + \frac{3,4 + 2,8 + 16 \cdot 4,4}{4} = 23,75 \text{ Ом.}$$

3. Определяем общую силу тока в электровзрывной сети

$$I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 380/23,75 = 16 \text{ А.}$$

4. Находим силу тока, поступающего в каждый ЭД,

$$i_3 = I_{\text{общ}}/4 = 16/4 = 4 \text{ А.}$$

Пример 60. При взрывании последовательной электровзрывной сети дублирование осуществляется детонирующим шнуром. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД, и расход ДШ по следующим данным: $N = 28$, $l_6 = 18$ м, $a = 9$ м, $r_3 = 3$ Ом, $R_m = 4,4$ Ом, $R_c = 5,2$ Ом, $r_k = r_y = 0,04$ Ом/м, $i_r = 2,5$ А.

Взрывание осуществляют от источника переменного тока напряжением 380 В.

Решение. 1. Составляем схему взрывной сети, аналогичную изображенной на рис. 31.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_k = 2l_6 = 2 \cdot 18 = 36 \text{ м.}$$

3. Определяем длину участковых проводов

$$l_y = 1,1 \cdot 28 \cdot 9 \approx 278 \text{ м.}$$

4. Находим общее сопротивление электровзрывной сети

$$\begin{aligned} R_{\text{общ}} &= R_m + R_c + l_y r_y + N(l_k r_k + r_3) + 2r_3 = \\ &= 4,4 + 5,2 + 278 \cdot 0,04 + 28(36 \cdot 0,04 + 3) + 2 \cdot 3 = 151 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

5. Определяем силу тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_3 = I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 380/151 = 2,52 \text{ А;}$$

$$i_3 = 2,52 > i_r = 2,5 \text{ А.}$$

Следовательно, взрывание от сети с напряжением 380 В возможно.

6. Определяем расход ДШ на взрывание серии зарядов

$$L_{\text{ДШ}} = K_1 N(a + l_6) = 1,1 \cdot 28(9 + 18) \approx 831 \text{ м.}$$

Задача 142. Определить общее сопротивление дублированной последовательной электровзрывной сети (см. рис. 25) по следующим данным. Боевики, располагаемые на глубине 16 м, в зарядах между собой соединены парно-последовательно. Расстояние между зарядами 8 м, число зарядов 32, $l_6 = 300 \text{ м}$, $r_c = r_k = l_y = 0,12 \text{ Ом/м}$, $r_3 = 2,9 \text{ Ом}$, $R_m = 7 \text{ Ом}$.

Задача 143. В дублированной электровзрывной сети (см. рис. 26) боевики в зарядах имеют парно-параллельное соединение. Определить напряжение источника постоянного тока для взрывания 18 зарядов при $l_6 = 20 \text{ м}$, $R_m = 4,8 \text{ Ом}$, $a = 9,5 \text{ м}$, $r_3 = 4,2 \text{ Ом}$, $l_c = 210 \text{ м}$, $r_c = r_y = r_k = 0,04 \text{ Ом/м}$.

Задача 144. Определить возможность взрывания дублированной последовательной электровзрывной сети (см. рис. 25) от одного взрывного прибора КПМ-3 по следующим данным: $N = 36$, $r_3 = 3,2 \text{ Ом}$, $a = 8 \text{ м}$, $l_6 = 17 \text{ м}$, $R_c = 42 \text{ Ом}$, $r_y = r_k = 0,12 \text{ Ом/м}$, $R_m = 5,8 \text{ Ом}$. Боевики в зарядах соединены между собой парно-последовательно.

Задача 145. В дублированной электровзрывной сети (см. рис. 25) взрывается 13 зарядов. Боевики соединены между собой парно-последовательно. Параметры электровзрывной сети: $R_6 = 4,6 \text{ Ом}$, $R_m = 5 \text{ Ом}$, $R_y = 12 \text{ Ом}$, $R_c = 13 \text{ Ом}$. Определить требуемое напряжение источника переменного тока для безотказного взрывания данной электровзрывной сети.

Задача 146. Электровзрывная сеть (см. рис. 27) дублируется парно-последовательным соединением ЭД в боевиках. Определить возможность безотказного взрывания 50 зарядов от взрывного прибора ВМК-500 по следующим данным: $I_6 = 22$ м, $r_3 = 4,8$ Ом, $a = 12$ м, $R_M = 5,2$ Ом, $r_c = r_y = r_k = 0,16$ Ом/м, $I_c = 800$ м.

Задача 147. В боевиках ЭД имеют парно-последовательное соединение. Боевики в зарядах между собой имеют также парно-последовательное соединение (см. рис. 27). Определить напряжение источника постоянного тока для взрывания 30 зарядов при следующих известных данных: $R_M = 5,5$ Ом, $R_c = 12$ Ом, $R_y = 10$ Ом, $I_k = 20$ м, $r_k = 0,02$ Ом/м, $r_3 = 2$ Ом.

Задача 148. Электродетонаторы в боевиках и боевики в зарядах соединены парно-параллельно (см. рис. 28). Известны следующие величины: $N = 24$, $I_6 = 21$ м, $r_3 = 3,6$ Ом, $R_M = 4,6$ Ом, $R_c = 9,2$ Ом, $R_y = 8,2$ Ом, $r_k = 0,04$ Ом/м. Определить силу тока, поступающего в каждый боевик и в каждый ЭД при взрывании от сети переменного тока напряжением 380 В.

Задача 149. Боевики с парно-параллельным соединением ЭД имеют парно-параллельное соединение между собой в зарядах (см. рис. 28). Известны величины: $I_k = 16$ м, $r_k = 0,12$ Ом/м, $r_3 = 2,8$ Ом, $R_c = 16$ Ом, $R_M = 5,4$ Ом, $R_y = 12$ Ом, $N = 42$. Определить напряжение источника постоянного тока для взрывания данной электровзрывной сети.

Задача 150. В двойной последовательной дублированной электровзрывной сети (см. рис. 29) $R_M = 6,2$ Ом, $R_c = 16$ Ом, $R_y = 18$ Ом, $R_6 = 6$ Ом, $N = 28$. Взрывание от источника постоянного тока напряжением 220 В. Определить силу тока, поступающего в каждый боевик.

Задача 151. Определить допустимое сопротивление магистрали двойной последовательной электровзрывной сети (см. рис. 29) при взрывании от прибора КПМ-3 по следующим данным: $N = 36$, $R_c = 9$ Ом, $R_y = 8$ Ом, $R_k = 6,8$ Ом.

Задача 152. Для взрывания двойной последовательной электровзрывной сети (см. рис. 29) используется источник переменного тока напряжением 380 В. Определить допустимое сопротивление ЭД, подключаемых в электропроводную сеть, по следующим известным данным: $R_M = 5$ Ом, $R_c = 8$ Ом, $R_y = 6$ Ом, $R_k = 1,05$ Ом, $N = 16$.

Задача 153. В последовательно-параллельной дублированной электровзрывной сети (см. рис. 30), состоящей из двух групп боевиков, определить тип взрывного прибора для взрывания данной электровзрывной сети, если известны величины: $r_3 = 5$ Ом, $N = 28$, $R_{в.с} = 4$ Ом, $R_{в.у} = 2,8$ Ом, $R_M = 6,6$ Ом.

Задача 154. От сети переменного тока напряжением 380 В в последовательно-параллельной дублированной электровзрывной сети (см. рис. 30) требуется в трех группах взорвать 36 зарядов. Определить допустимое сопротивление боевика, если известны величины: $R_M = 6,8$ Ом, $R_{в.с} = 5$ Ом, $R_{в.у} = 3$ Ом.

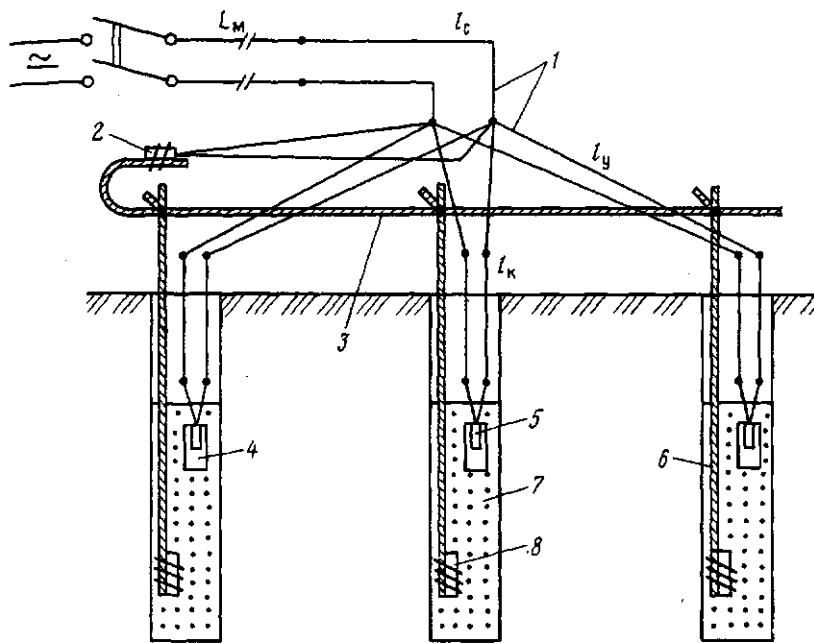


Рис. 32. Схема параллельно-пучковой электровзрывной сети, дублированной детонирующим шнуром:

1 — провода электровзрывной сети; 2 — ЭД, инициирующий магистраль ДШ; 3 — магистраль ДШ дублирующей взрывной сети; 4 — боевик; 5 — электродетонаторы, соединенные в пучок; 6 — детонационный отрезок ДШ; 7 — заряд ВВ; 8 — узел ДШ

Задача 155. Последовательная электровзрывная сеть дублируется детонирующим шнуром (см. рис. 31). Определить допустимое сопротивление одного ЭД при взрывании от прибора ПИВ-100М по следующим данным: $N = 65$, $R_m = 5,6$ Ом, $R_c = 21$ Ом, $R_y = 19$ Ом, $l_6 = 16$ м, $r_k = 0,06$ Ом/м.

Задача 156. Определить расход ДШ для дублирования параллельно-пучковой электровзрывной сети (рис. 32) по следующим данным: $N = 32$, $a = 8$ м, $l_6 = 18$ м.

Задача 157. Для дублирования электровзрывной сети при взрывании 40 зарядов израсходовано 1280 м ДШ. Определить глубину заложения боевиков при $a = 8,8$ м.

§ 17. Расчет электровзрывных сетей при взрывании от источников переменного тока

При использовании четырехпроводных сетей трехфазного тока взрывная сеть обычно включается к двум проводам на фазное или линейное напряжение. При необходимости взрывания значительного числа ЭД взрывная сеть подключается к трем линейным проводам. Ниже рассмотрены примеры и задачи по расчету электровзрывных сетей, взрывааемых от трехфазного тока.

Электровзрывная сеть (рис. 33) состоит из трех групп (плеч) включаемых треугольником в трехфазную электросеть. Сопротивления групп ЭД (плеч треугольника) не должны отличаться одно от другого более чем на 15 %.

Сопротивление одного плеча треугольника

$$R_{п.т} = (R_c + R_y + NR_б) / 3, \quad (IV. 6)$$

где R_c — суммарное сопротивление соединительных проводов трехфазной электровзрывной сети, Ом; R_y — суммарное сопротивление участковых проводов трехфазной электровзрывной сети, Ом; N — число зарядов; $R_б$ — сопротивление боевика.

При разных сопротивлениях плеч треугольника сопротивления

$$R_{п.т} = R_{с.п} + R_{y.п} + n R_б, \quad (IV. 6')$$

где $R_{с.п}$ — сопротивление соединительных проводов одного плеча

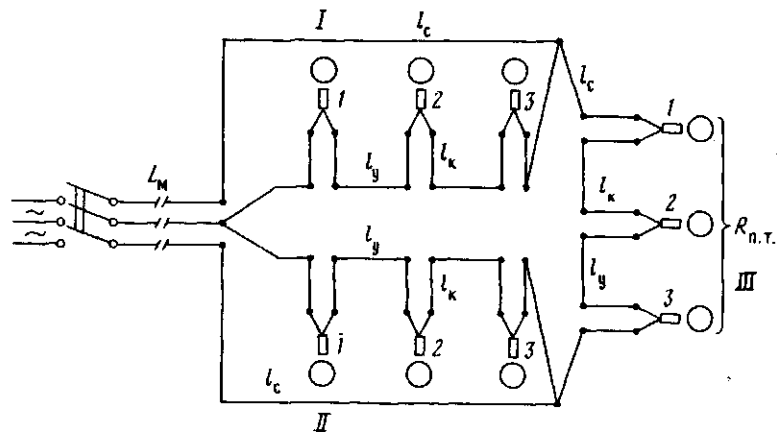


Рис. 33. Схема электровзрывной сети при взрывании от трехфазного тока: 1, 2, 3 — электродетонаторы (боевики), соединенные последовательно в одном плече треугольника; $R_{п.т}$ — сопротивление плеча треугольника; I, II, III — плечи треугольника

Ом; $R_{y.n}$ — сопротивление участковых проводов одного плеча, Ом;
 n_n — число боевиков в одном плече треугольника.

Сопротивление магистрали трехфазной электровзрывной сети

$$R_{м.ф} = 3L_{м}r_{м} \quad (IV. 67)$$

Общее сопротивление трехфазной электровзрывной сети

$$R_{о.ф} = R_{м.ф} + \frac{R_c + R_y + NR_b}{3} = R_{м} + R_{п.г} \quad (IV. 68)$$

Сила тока, поступающего в каждый ЭД,

$$i_э = I_{общ} = U/R_{о.ф} \quad (IV. 69)$$

Пример 61. Трехфазная электровзрывная сеть напряжением 380 В используется для взрывания 120 скважинных зарядов. Боевики располагаются на глубине $a = 6$ м, длина магистрали $L_{м} = 240$ м, $r_{м} = 0,008$ Ом/м, $r_c = r_k = r_y = 0,04$ Ом/м, $r_э = 2,2$ Ом. Определить силу тока, поступающего в каждый ЭД.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему трехфазной электровзрывной сети, аналогичную рис. 33.

2. Определяем длину концевых проводов

$$l_k = 2l_b = 2 \cdot 10 = 20 \text{ м.}$$

3. Находим длину участковых проводов

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 6 \cdot 120 = 792 \text{ м.}$$

4. Определяем длину соединительных проводов

$$l_c = 1,2aN = 1,2 \cdot 6 \cdot 120 = 864 \text{ м.}$$

5. Определяем сопротивление боевика

$$R_b = l_k r_k + r_э = 20 \cdot 0,04 + 2,2 = 3 \text{ Ом.}$$

6. Находим сопротивление магистрали

$$R_{м} = 3L_{м}r_{м} = 3 \cdot 240 \cdot 0,008 = 5,8 \text{ Ом.}$$

7. Находим общее сопротивление трехфазной электровзрывной сети

$$R_{о.ф} = R_{м} + \frac{R_c + R_y + NR_b}{3} =$$

$$= 5,8 + \frac{864 \cdot 0,04 + 792 \cdot 0,04 + 120 \cdot 3}{3} = 147,88 \text{ Ом.}$$

8. Находим силу тока, поступающего в каждый ЭД

$$i_3 = U/R_{0.ф} = 380/147,88 = 2,57 \text{ A};$$

$$i_3 = 2,57 \text{ A} > i_r = 2,5 \text{ A}.$$

Таким образом, в ЭД поступает ток, обеспечивающий безотказное взрывание.

Пример 62. Для взрывания 40 скважинных зарядов с парно-последовательным соединением ЭД в боевиках используется трехфазная электровзрывная сеть. Число зарядов в группах (плечах треугольника) $n_{гр1} = 14$; $n_{гр2} = n_{гр3} = 13$. Расстояние между зарядами $a = 8 \text{ м}$, $R_k = 1,2 \text{ Ом}$, $r_3 = 3,2 \text{ Ом}$, $r_c = r_y = 0,12 \text{ Ом/м}$. Определить минимальную площадь сечения алюминиевых магистральных проводов при $L_m = 300 \text{ м}$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему трехфазной электровзрывной сети (рис. 34).

2. Находим сопротивление боевика

$$R_b = R_k + 2r_3 = 1,2 + 2 \cdot 3,2 = 7,6 \text{ Ом}.$$

3. Определяем длину участковых проводов для плеча с наибольшим числом зарядов. При разном сопротивлении плеч треугольника расчет ведется по тому, которое имеет наибольшее сопротивление

$$l_y = 1,1aN = 1,1 \cdot 8 \cdot 14 \approx 123 \text{ м}.$$

4. Находим длину соединительных проводов для данного плеча

$$l_c = 1,2aN = 1,2 \cdot 8 \cdot 14 \approx 134 \text{ м}.$$

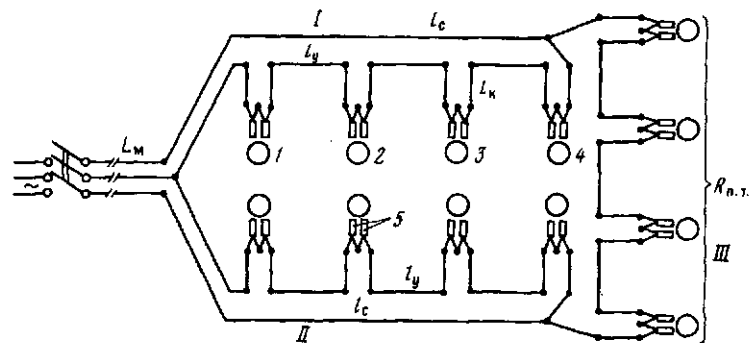


Рис. 34. Схема трехфазной электровзрывной сети с парно-последовательным соединением электродетонаторов в боевиках:

1, 2, 3, 4 — боевики, соединенные последовательно в одном плече треугольника; 5 — ЭД, соединенные парно-последовательно в боевиках; I, II, III — плечи треугольника

5. Определяем сопротивление плеча треугольника

$$R_{п.т} = R_{с.п} + R_{у.п} + n_p R_6 = 134 \cdot 0,12 + 123 \cdot 0,12 + 14 \cdot 7,6 = 137,2 \text{ Ом.}$$

6. Определяем допустимое сопротивление электровзрывной сети по гарантийному току

$$R_d = U/i_r = 380/2,5 = 152 \text{ Ом.}$$

7. Находим допустимое сопротивление магистрали в данной электровзрывной сети

$$R_{м.д} = R_d - R_{п.т} = 152 - 137,2 = 14,8 \text{ Ом.}$$

8. Определяем сопротивление 1 м магистрального провода по условию задачи

$$r_m = \frac{R_m}{3L_m} = \frac{14,8}{3 \cdot 300} = 0,016 \text{ Ом/м.}$$

9. Определяем минимальное сечение алюминиевого провода [см. формулу (IV. 3)]

$$S = \rho_0 \frac{l}{r_m} = \frac{0,03 \cdot 1}{0,016} = 1,87 \text{ мм}^2.$$

Задача 158. При взрывании трехфазной электровзрывной сети основные параметры следующие: $R_m = 8,7 \text{ Ом}$, $R_c = 33 \text{ Ом}$, $R_y = 27 \text{ Ом}$, $R_6 = 7,8 \text{ Ом}$. Определить допустимое число зарядов, возможное для безотказного взрывания от сети переменного тока напряжением 380 В.

Задача 159. В трехфазной электровзрывной сети напряжением 380 В в боевиках соединены парно-параллельно, $R_m = 7,6 \text{ Ом}$. Определить допустимое сопротивление плеча треугольника.

Задача 160. От трехфазной электровзрывной сети требуется взорвать 126 электродетонаторов. Известны параметры: $R_c = 46 \text{ Ом}$, $R_y = 34 \text{ Ом}$, $R_k = 0,8 \text{ Ом}$, $R_m = 7,8 \text{ Ом}$. Определить допустимое сопротивление ЭД при их последовательном соединении при взрывании от сети переменного тока напряжением 380 В.

Задача 161. При взрывании трехфазной электровзрывной сети сопротивление одного плеча треугольника составляет 112 Ом. Определить сопротивление магистрали при взрывании от сети 380 В, если в каждый ЭД поступает ток 3,2 А.

ВЗРЫВАНИЕ ДЕТОНИРУЮЩИМ ШНУРОМ

При взрывании детонирующим шнуром детонация заряда производится от боевика или детонационного узла детонирующего шнура (ДШ). Иницирование взрывной сети из детонирующего шнура может осуществляться от капсюля-детонатора или электродетонатора.

В практике взрывного дела широко применяют детонирующие шнуры марок ДША, ДШВ, ДШЭ-12, специально для прокладки магистрали — ДШЭ-6.

Детонирующий шнур, прокладываемый вблизи всех зарядов, к которому присоединяют детонационные (концевые) отрезки детонатор, называется магистралью. Отрезки ДШ, идущие от магистрали до боевика (детонационного узла), называются детонационными (концевыми). Специально подготовленный узел ДШ на конце детонационного отрезка и служащий для иницирования заряда ВВ или боевика, называется детонационным узлом.

§ 18. Общие сведения по расчету взрывных сетей при взрывании детонирующим шнуром

Расчет взрывных сетей при взрывании детонирующим шнуром зависит от схемы соединения зарядов во взрывной сети. Взрывные сети из ДШ имеют несколько схем соединения: параллельно-ступенчатую (рис. 35), последовательную (рис. 36), параллельно-пучковую (рис. 37), кольцевую (рис. 38).

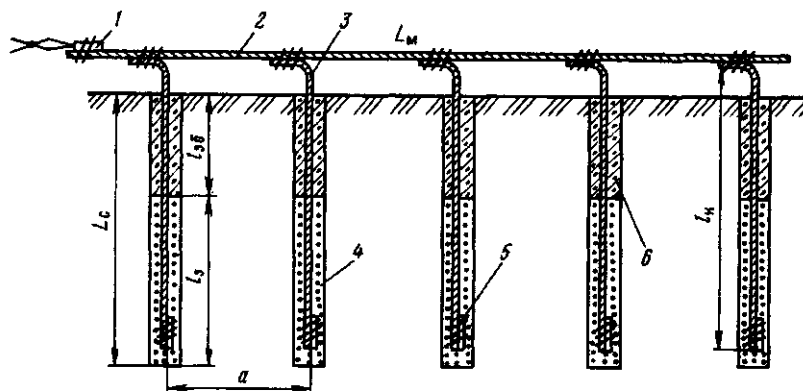


Рис. 35. Схема параллельно-ступенчатой взрывной сети из детонирующего шнура: 1 — электродетонатор; 2 — магистраль ДШ; 3 — концевой (детонационный) отрезок ДШ; 4 — заряд ВВ; 5 — узел ДШ; 6 — забойка; l_k — длина концевой отрезка; L_c — глубина скважины; l_z — длина заряда; $l_{зб}$ — длина забойки; L_m — длина магистрали; a — расстояние между скважинами

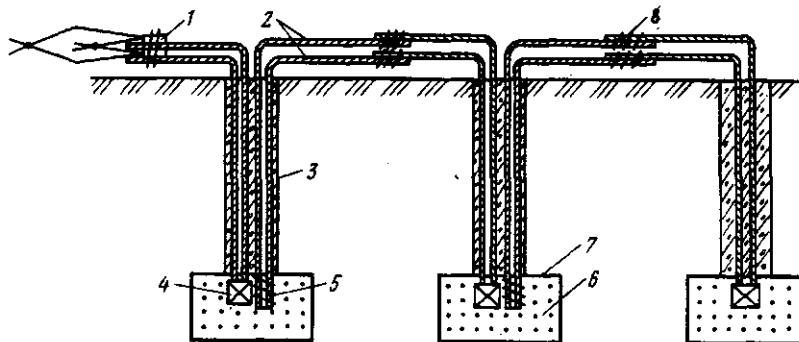


Рис. 36. Схема последовательной взрывной сети из детонирующего шнура:
 1 – электродетонаторы; 2 – детонирующий шнур; 3 – шурф; 4 – боевик; 5 –
 узел ДШ; 6 – заряд ВВ; 7 – зарядная камера; 8 – ДШ, соединенные внакладку

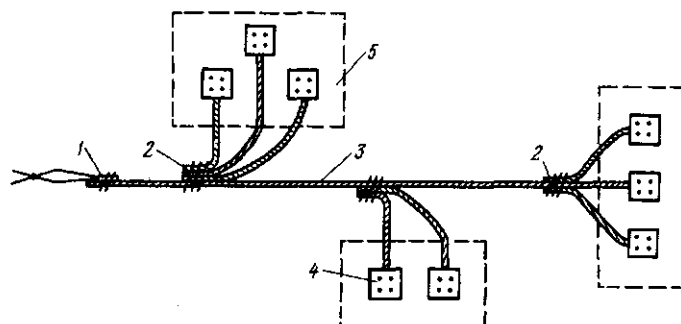


Рис. 37. Параллельно-пучковая (пучковая) схема взрывной сети из детонирующего шнура:
 1 – электродетонатор; 2 – пучок детонационных отрезков ДШ; 3 – магистраль ДШ; 4 – заряд ВВ; 5 – контуры взрываемого порога

Расчет параллельно-ступенчатой взрывной сети ДШ (см. рис. 35).

Длина магистрали

$$L_{\text{м.ш}} = K_3 a N, \quad (\text{V. 1})$$

где $K_3 = 1,05 \div 1,15$ – коэффициент запаса.

Для расчета в задачах принято среднее значение $K_3 = 1,1$ – для магистрали; $K_3 = 1,2$ – для боевиков, a – расстояние между зарядами, м; N – число взрываемых зарядов.

Длина детонационных (концевых) отрезков ДШ в скважине

$$l_{\text{к.ш}} = K_3 l_{\text{б}}, \quad (\text{V. 2})$$

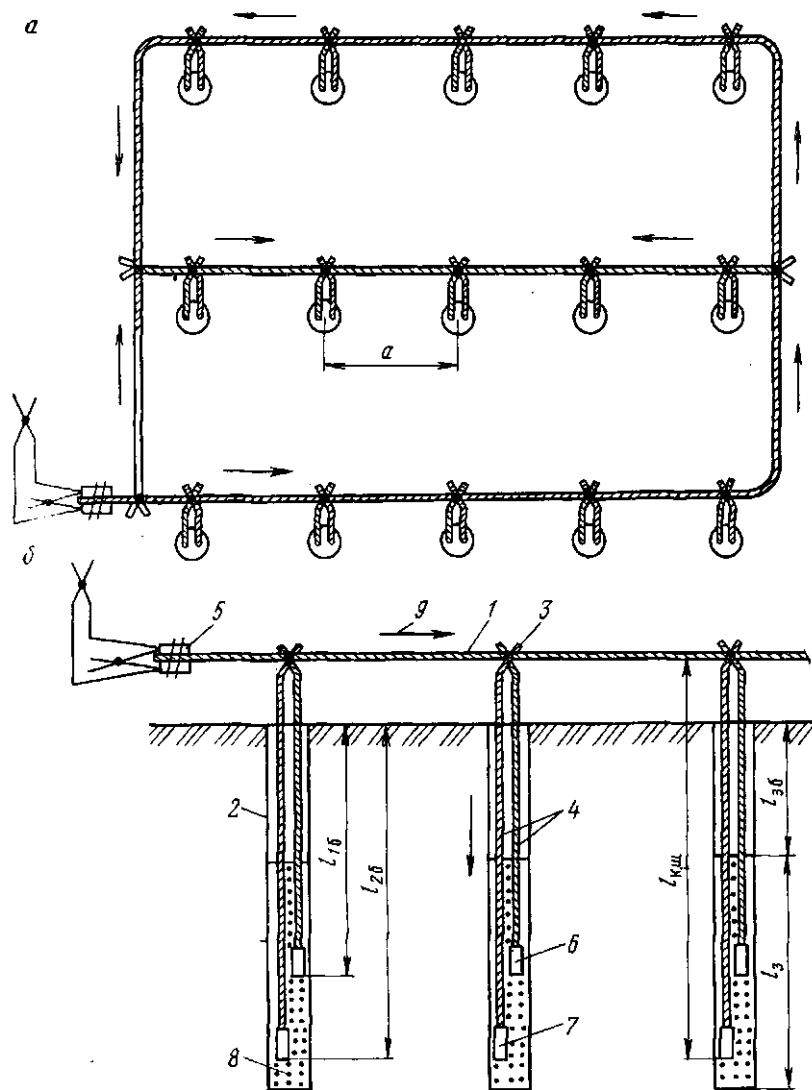


Рис. 38. Схемы кольцевой взрывной сети из детонирующего шнура (а) и дублирования в кольцевой сети (б):

1 — магистраль ДШ; 2 — скважина; 3 — соединение ДШ морской узлом; 4 — концевые (детонационные) отрезки ДШ; 5 — электродетонаторы; 6 — верхний боевик; 7 — нижний боевик; 8 — заряд ВВ; 9 — возможное направление детонации ДШ сети; $l_{к.ш}$ — длина концевой (детонационной) отрезка ДШ

l_6 — расстояние от поверхности уступа до боевика (последнего узла ДШ в заряде), м.

Расход ДШ на параллельно-ступенчатую взрывную сеть без дублирования

$$L_{ш} = K_3 a N + K_3 l_6 N = L_{м.ш} + L_{к}; \quad (V. 3)$$

при полном дублировании

$$L_{ш} = 2K_3 a N + 2K_3 l_6 N = 2(L_{м.ш} + L_{к}); \quad (V. 4)$$

при дублировании только концевиков

$$L_{ш} = K_3 a N + 2K_3 l_6 N; \quad (V. 5)$$

при дублировании только магистрали

$$L_{ш} = 2K_3 a N + K_3 l_6 N. \quad (V. 6)$$

При одновременном инициировании заряда снизу и сверху концевые отрезки ДШ не дублируются. Независимо от глубины скважины расход ДШ при двухточечном инициировании определяется по формуле

$$L_{ш} = K_3 a N + K_3 N (l_6 + l_{26}), \quad (V. 7)$$

где l_6 и l_{26} — длина отрезков ДШ соответственно у верхнего и нижнего боевиков, м.

Пример 65. Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ используется при взрывании 40 скважинных зарядов, расстояние между которыми $a = 5$ м. Боевики располагают на глубине 8 м. Определить расход ДШ на взрывную сеть без дублирования (см. рис. 35).

Решение. Определяем расход ДШ на взрывную сеть

$$L_{ш} = K_3 a N + K_3 l_6 N = 1,1 \cdot 5 \cdot 40 + 1,2 \cdot 8 \cdot 40 = 604 \text{ м.}$$

Пример 66. Определить расход на полностью дублированную взрывную сеть ДШ для одновременного взрывания трех групп зарядов со следующими параметрами:

первой группы: $N_1 = 20$, $a_1 = 6$ м, $l_{16} = 12$ м;

второй группы: $N_2 = 15$, $a_2 = 6,8$ м, $l_{26} = 14$ м;

третьей группы: $N_3 = 25$, $a_3 = 7,4$ м, $l_{36} = 16$ м.

Решение. 1. При различном расстоянии между зарядами длину магистрали определяем по формуле

$$\begin{aligned} L_{м.ш} &= K_3 (a_1 N_1 + a_2 N_2 + a_3 N_3 + \dots + a_n N_n) = \\ &= 1,1 (6 \cdot 20 + 6,8 \cdot 15 + 7,4 \cdot 25) = 447,7 \text{ м.} \end{aligned} \quad (V. 8)$$

Принимаем $L_{м.ш} = 448$ м.

2. Определяем общую длину детонационных отрезков ДШ в сети

при их различной длине в зарядах

$$\begin{aligned} L_{\kappa} &= K_1 (I_6 N_1 + I_{26} N_2 + I_{36} N_3 + \dots + I_{n6} N_n) = \\ &= 1,2 (12 \cdot 20 + 14 \cdot 15 + 16 \cdot 25) = 1020 \text{ м.} \end{aligned} \quad (\text{V.})$$

3. Определяем расход ДШ на полностью дублированную взрывную сеть из ДШ

$$L_{\text{ш}} = 2(L_{\text{м.ш}} + L_{\kappa}) = 2(448 + 1020) = 2936 \text{ м.}$$

Пример 67. На взрывание 30 зарядов требуется 800 м ДШ. Расстояние между зарядами $a = 6$ м. Определить длину детонационных отрезков, нарезаемых для инициирования зарядов.

Решение. 1. Определяем расход ДШ на магистраль

$$L_{\text{м.ш}} = K_3 a N = 1,1 \cdot 6 \cdot 30 = 198 \text{ м.}$$

2. Находим общий расход ДШ на детонационные отрезки

$$L_{\kappa} = L_{\text{ш}} - L_{\text{м.ш}} = 800 - 198 = 602 \text{ м.}$$

3. Определяем длину детонационного отрезка на один заряд

$$I_{\kappa} = K_1 I_6 = \frac{L_{\kappa}}{N} = \frac{602}{30} \approx 20 \text{ м.}$$

Последовательная взрывная сеть ДШ (см. рис. 36) состоит из дублированных детонационных отрезков, которые не соединяются между собой в заряде, а иницируются последовательно по мере взрывания зарядов. Последовательное соединение ДШ применяется ограниченно, например, при взрыве зарядов в шурфах, неглубоких скважинах большого диаметра и т.п. Характерна особенность последовательной взрывной сети из ДШ – отсутствие магистрали.

Расход ДШ на монтаж дублированной последовательной взрывной сети ДШ

$$L_{\text{ш}} = 4K_1 I_6 N + 2K_3 a (N - 1), \quad (\text{V.})$$

где I_6 – расстояние от поверхности земли до боевика (последнего у ДШ), м. Значения K_1 и K_3 приведены выше.

Параллельно-пучковая взрывная сеть ДШ (см. рис. 37) используется для взрывания нескольких пучков зарядов от магистральной линии. Эта схема соединения отрезков ДШ используется при взрывании негабарита, групп шпуров или скважин.

Длина магистрали при параллельно-пучковом соединении

$$L_{\text{м.ш}} = K_2 a n_p, \quad (\text{V.})$$

где K_2 – коэффициент непрямолинейности магистрали. В зависимости

от расположения зарядов $K_2 = 1,3 \div 1,5$; a_n — расстояние между пучками ДШ на магистрали, м; n_n — число пучков ДШ на магистрали.

Средняя длина концевых отрезков l_k зависит от расположения зарядов и определяется условиями производства работ или условиями задачи. В один пучок к одной нити ДШ обычно подсоединяют не более шести отрезков ДШ.

Расход ДШ в параллельно-пучковой взрывной сети

$$L_{ш} = L_{м.ш} + L_k = K_2 a_n n_n + n_n m_k l_k, \quad (V. 12)$$

где m_k — среднее число концевых отрезков в пучке.

Кольцевая взрывная сеть ДШ используется при многорядном взрывании (см. рис. 38). Магистраль в кольцевой взрывной сети не дублируется.

Длина магистрали в кольцевой взрывной сети

$$L_{м.ш} = K_3 (aN + bn_p), \quad (V. 13)$$

где b — расстояние между рядами зарядов, м; n_p — число взрываваемых рядов.

Расход ДШ на кольцевую взрывную сеть

$$L_{ш} = K_3 (aN + bn_p + l_k N). \quad (V. 14)$$

Длина концевых отрезков зависит от глубины расположения и числа боевиков (узлов) ДШ в заряде.

Пример 68. Для взрывания десяти камерных зарядов используется дублированная последовательная сеть ДШ. Боевики располагаются на глубине 16 м, расстояние между зарядами $a = 20$ м. Определить расход ДШ на дублированную последовательную взрывную сеть.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему взрывной сети (см. рис. 36).

2. Находим расход ДШ на монтаж дублированной последовательной взрывной сети

$$\begin{aligned} L_{ш} &= 4K_1 l_6 N + 2K_3 a (N - 1) = \\ &= 4 \cdot 1,2 \cdot 16 \cdot 10 + 2 \cdot 1,1 \cdot 20(10 - 1) = 1164 \text{ м.} \end{aligned}$$

Пример 69. Для взрывания трех рядов скважинных зарядов используется кольцевая взрывная сеть ДШ. В каждом ряду 12 скважин. В заряде располагаются по два боевика: $l_6 = 8$ м, $l_{26} = 16$ м. Расстояние между скважинами в ряду $a = 9$ м, между рядами скважин $b = 7,5$ м. Определить расход ДШ для данной кольцевой взрывной сети.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему взрывной сети (см. рис. 38).

2. Определяем длину концевых отрезков для одного заряда

$$l_k = K_1 (l_{16} + l_{26}) = 1,2(8 + 16) = 28,8 \text{ м.}$$

3. По формуле (V. 13) определяем расход ДШ на кольцевую взрывную сеть

$$L_{\text{ш}} = K_3(aN + bn_p) + I_{\text{к}}N = 1,1(9 \cdot 36 + 7,5 \cdot 3) + 28,8 \cdot 36 = 1418 \text{ м.}$$

§ 19. Расчет параметров комбинированной взрывной сети

Взрывная сеть, в которой детонационные отрезки ДШ у каждого заряда инициируются электродетонаторами, называется комбинированной (рис. 39). Для снижения расхода ДШ магистраль из ДШ заменяется электровзрывной сетью. Электродетонаторы в скважину или шпур не вводятся, а располагаются у их устья.

При расчете комбинированной взрывной сети определяют параметры инициирующей электровзрывной сети (см. главу IV) и потребности ДШ на изготовление детонационных отрезков.

Пример 70. Для взрывания 12 скважинных зарядов используется комбинированная взрывная сеть. Электродетонаторы в инициирующей электровзрывной сети соединены последовательно. Боевики с дублированными концевыми отрезками располагаются на глубине $l_6 = 18$ м, расстояние между зарядами $a = 9$ м. Сопротивление магистрали $R_m = 4,5$ Ом, длина концевых проводов у ЭД $l_d = 2$ м, $r_3 = 2,6$ Ом, $r_y = r_c = 0,12$ Ом/м. Определить сопротивление инициирующей электровзрывной сети и расход ДШ на взрывание данной серии зарядов.

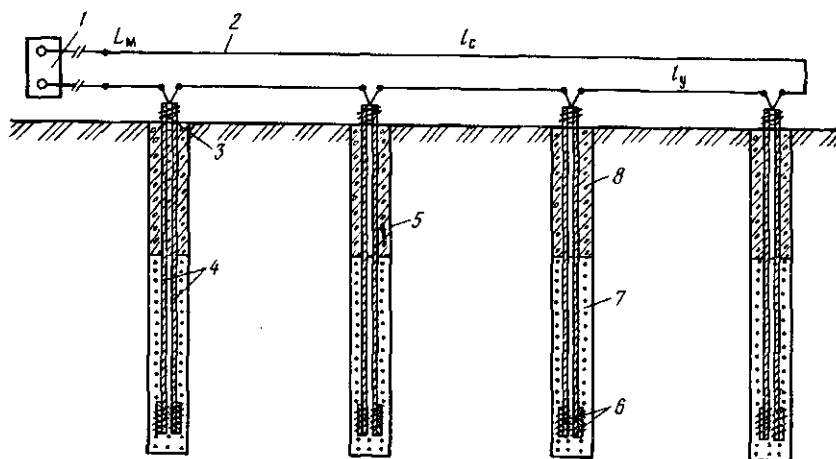


Рис. 39. Схема комбинированной взрывной сети:

1 — источник тока; 2 — провода электровзрывной сети; 3 — электродетонаторы; 4 — концевые отрезки ДШ; 5 — скважина; 6 — узлы ДШ; 7 — заряд ВВ; 8 — забойка

Решение. 1. Составляем принципиальную схему комбинированной электровзрывной сети (см. рис. 39).

2. Определяем длину участковых проводов по формуле

$$l_y = 1,1N(a - 2l_d) = 1,1 \cdot 12(9 - 2 \cdot 2) = 66 \text{ м.} \quad (\text{V. 15})$$

3. Находим длину соединительных проводов

$$l_c = 1,2aN = 1,2 \cdot 9 \cdot 12 = 130 \text{ м.}$$

4. Определяем сопротивление иницирующей электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + Nr_3 = 4,5 + 130 \cdot 0,12 + 66 \cdot 0,12 + 12 \cdot 2,6 = 59,2 \text{ Ом.}$$

5. Определяем расход концевых отрезков ДШ

$$L_k = l_k N = 1,2 \cdot 2l_6 N = 1,2 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 12 \approx 519 \text{ м.}$$

Задача 162. Определить длину магистрали из ДШ при взрывании 40 зарядов, расположенных один от другого на расстоянии 5,4 м.

Задача 163. Для иницирования каждого скважинного заряда два боевика располагают на различной глубине: $l_{16} = 7$ м, $l_{26} = 16$ м. Определить расход ДШ на детонационные отрезки при взрывании 34 зарядов.

Задача 164. Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ используется для взрывания 62 скважинных зарядов. Определить расход ДШ на взрывную сеть, если известны величины $l_6 = 8$ м, $a = 6,5$ м.

Задача 165. На взрывание 50 зарядов с дублированными детонационными отрезками параллельно-ступенчатой взрывной сети израсходовано 1410 м ДШ. Определить расход ДШ на магистраль при $l_6 = 9$ м.

Задача 166. В 24 зарядах взрывающей серии боевики располагаются на глубине $l_{16} = 10$ м при $a = 6$ м, в 16 зарядах $l_{26} = 12$ м при $a = 6,5$ м, в 10 зарядах $l_{36} = 14$ м при $a = 7$ м. Определить расход ДШ на параллельно-ступенчатую недублированную взрывную сеть.

Задача 167. В полностью дублированной параллельно-ступенчатой взрывной сети боевики располагаются в зарядах на глубине 12 м. Определить расстояние между зарядами при расходе ДШ на взрывную сеть длиной 1392 м, если $N = 30$.

Задача 168. Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ с дублированными концевиками используется для взрывания 80 зарядов. Определить расход ДШ на монтаж данной взрывной сети, если $a = 6,8$ м, $l_6 = 8$ м.

Задача 169. Во взрываемых 64 зарядах боевики расположены на глубине $l_6 = 6$ м. Расстояние между зарядами 4 м. Определить расход ДШ на монтаж параллельно-ступенчатой взрывной сети с дублированной магистралью.

Задача 170. В параллельно-ступенчатой взрывной сети ДШ в каждом

скважинном заряде на различной глубине расположены два боевика $l_{16} = 7$ м, $l_{26} = 15$ м. Определить расход ДШ на монтаж взрывной сети при двухточечном инициировании зарядов, если $N = 38$, $a = 8,2$ м.

Задача 171. При двухточечном инициировании скважинных зарядов расход ДШ на монтаж параллельно-ступенчатой взрывной сети составляет 1412 м, в том числе на магистраль 308 м при $a = 7$ м. Определить глубину заложения нижнего боевика l_{26} при $l_{16} = 8$ м.

Задача 172. В полностью дублированной последовательной взрывной сети из ДШ боевики располагают на глубине 16 м. Определить требуемое количество ДШ на монтаж взрывной сети при $N = 18$ и $a = 22$ м.

Задача 173. На последовательную дублированную взрывную сеть израсходовано 1750 м ДШ при $a = 18$ м, $N = 18$. Определить глубину заложения боевиков в зарядах.

Задача 174. При взрывании негабарита используется параллельно-пучковая взрывная сеть ДШ. Длина магистрали 66 м, число пучков 12, средняя длина концевых отрезков 2,4 м, на один пучок расходуется 12 м ДШ. Определить расход ДШ на данную взрывную сеть и число зарядов в пучке.

Задача 175. В кольцевой взрывной сети из ДШ заряды располагают на расстоянии 7,8 м, расстояние между рядами зарядов $b = 7$ м. В каждом заряде по два боевика: $l_{16} = 9,2$ м, $l_{26} = 15,8$ м, число зарядов 28. Определить расход ДШ на кольцевую взрывную сеть при двухрядном расположении скважин.

Задача 176. Для взрывания 180 скважинных зарядов используется комбинированная взрывная сеть. Электровзрывная сеть имеет следующие параметры: $R_m = 6$ Ом, $r_z = 2,8$ м, $r_c = r_y = 0,12$ Ом/м. Длина детонационных проводов в сети: $1,5 \times 2 = 3$ м. Боевики располагаются в скважине на глубине 16 м. Детонационные отрезки ДШ дублированы. Расстояние между скважинами $a = 7$ м.

Определить сопротивление электровзрывной сети и расход детонирующего шнура.

Глава VI

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КОРОТКОЗАМЕДЛЕННОМ ВЗРЫВАНИИ

Сущность короткозамедленного взрывания состоит в том, что взрыв каждого последующего заряда происходит в тот момент, когда взрываемый массив находится в напряженном состоянии под воздействием предыдущего взрыва (рис. 40). Первый заряд взрывается мгновенно, массив породы в зоне его действия начинает разрушаться аналогично разрушению массива одиночным зарядом при мгновенном взрывании. Второй заряд взрывается, например, через 20 мс, т.е. в тот момент, когда в зоне действия первого заряда образовалась система микротрещин.

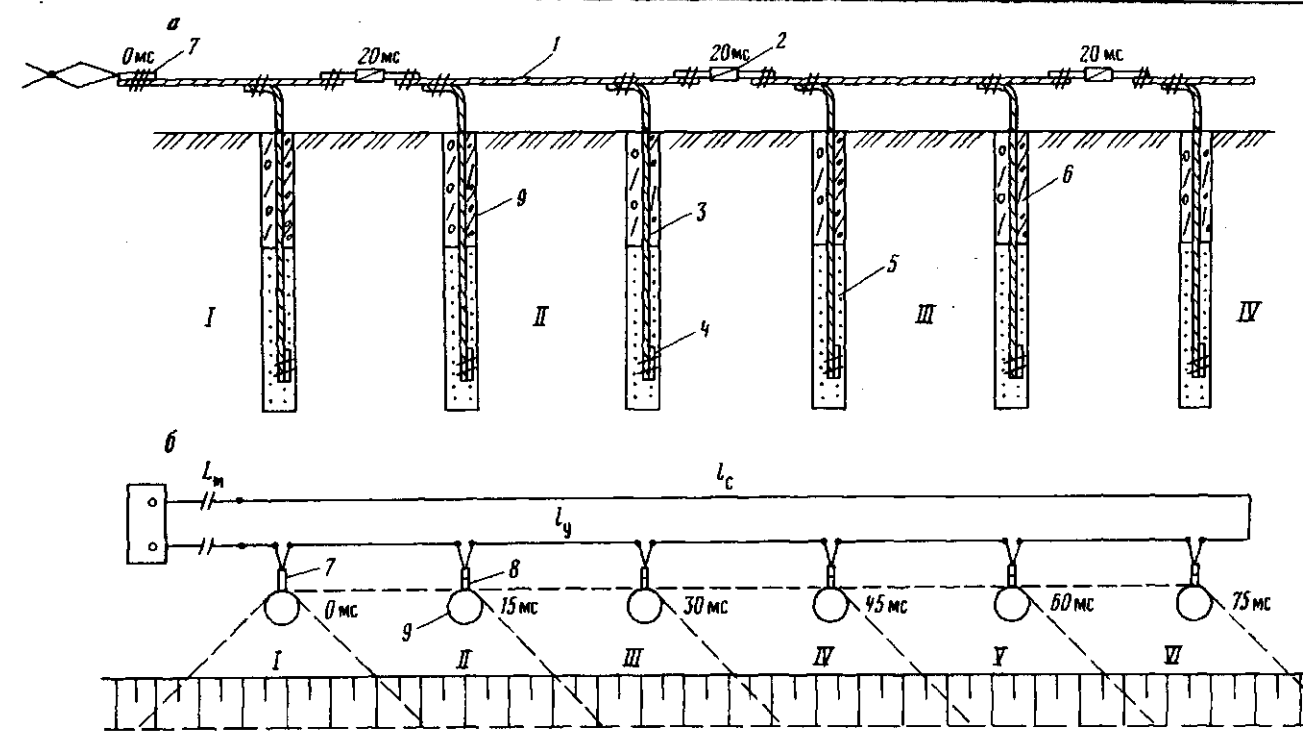


Рис. 40. Схемы однорядного последовательного короткозамедленного взрыва:
 а — детонирующим шнуром; б — электрического; 1 — магистраль ДШ; 2 — КЗДШ-69; 3 — детонационный отрезок ДШ; 4 — детонационный узел ДШ; 5 — заряд ВВ; 6 — забойка; 7 — ЭД нулевой группы; 8 — ЭДКЗ; I, II, III, IV, V, VI — последовательность взрывания породных призм; 9 — скважина

щин. Пребывание взрывающего массива в напряженном состоянии, многократное воздействие ударных волн на один и тот же участок массива увеличивают разрушающее действие взрыва на взрываемый массив.

По сравнению с мгновенным взрыванием при короткозамедленном взрывании снижается удельный расход ВВ, сейсмическое действие на массив, выход негабарита. Наиболее сложным при короткозамедленном взрывании является выбор интервала замедления.

§ 20. Определение параметров и схем соединения при электрическом короткозамедленном взрывании

Линия наименьшего сопротивления (ЛНС) для одиночной скважины определяется по формуле

$$W_p = 24d\sqrt{\Delta/q}, \quad (VI. 1)$$

где d — диаметр заряда, определяемый по вместимости; Δ — плотность заряжения; q — удельный расход ВВ.

При серийном короткозамедленном взрывании значение ЛНС

$$W_1 = W(1,6 - 0,5m), \quad (VI. 2)$$

где $m = 0,8 \div 1,4$ — относительное расстояние между зарядами.

При многорядном короткозамедленном взрывании расстояние между рядами

$$b = (0,85 \div 1)W_1. \quad (VI. 3)$$

Масса скважинного заряда определяется по формуле (II. 25) или по вместимости заряженной части скважины

$$Q = (L_c - l_{зб})p', \quad (VI. 4)$$

где L_c — глубина скважины, м; $l_{зб}$ — длина забойки в скважине, м; p' — вместимость 1 м скважины, кг.

Время замедления между взрывом зарядов

$$t_3 = A_3W_1, \quad (VI. 5)$$

где A_3 — коэффициент, зависящий от крепости пород; ориентировочные значения его указаны в табл. 10.

При необходимости управления шириной и формой развала время замедления определяется по формуле

$$t_3 = (1,5 \div 2)A_3W_1. \quad (VI. 6)$$

При короткозамедленном взрывании для нулевой ступени замедления используются электродетонаторы мгновенного действия типа ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж.

Таблица 10

Крепость пород	Породы	Значение коэффициента A_3
Особо крепкие	Гранит, перидотит, сульфидные крепкие руды	3
Крепкие	Аркозовый песчаник, метаморфические крепкие сланцы, железистые кварциты	4
Средней крепости	Известняк, мрамор, магнезит, филлитовые сланцы, серпантинит	5
Мягкие	Мергель, мел, глинистые сланцы, каменный уголь	6

Если интервал замедления, определенный расчетом, отличается от стандартных, то принимается ближайшее стандартное замедление.

Интервалы замедления ЭД, мс

ЭД-КЗ	25	50	75	100	150
ЭД-КЗ-ПМ	15	30	45	60	80
ЭД-КЗ-П	25	50	75	100	125
ЭД-З-М	20	40	60	80	100
ЭД-1-3-Т	20	40	60	80	100
ЭД-ЗД (с)	0,5	0,75	1	1,5	2
ЭД-КЗ	250	—	—	—	—
ЭД-КЗ-ПМ	100	120	—	—	—
ЭД-КЗ-П	—	—	—	—	—
ЭД-З-М	120	140	160	180	180
ЭД-1-3-Т	120	140	160	180	180
ЭД-ЗД (с)	4	6	8	10	10

Короткозамедленное взрывание используется при однорядном и многорядном взрывании зарядов. Задачи по короткозамедленному взрыванию решают следующим образом: составляют принципиальную схему расположения зарядов, рассчитывают параметры зарядов и интервалы замедления, составляют принципиальную схему короткозамедленного взрывания, рассчитывают электровзрывную сеть.

Пример 71. Определить параметры расположения зарядов и интервал замедления при взрывании скважинных зарядов $d = 115$ мм в железистых кварцитах.

Плотность заряжания $\Delta = 0,9$ кг/дм³, удельный расход ВВ $q = 0,6$ кг/м³, относительное расстояние между зарядами $m = 1$. Шесть взрывааемых скважин расположены в один ряд. В качестве нулевой группы используют электродетонаторы ЭД-8-Э.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов и электровзрывной сети аналогично рис. 40, б.

2. Определяем ЛНС для одиночной скважины

$$W = 24d \sqrt{\frac{\Delta}{a}} = 24 \cdot 0,115 \sqrt{\frac{0,9}{0,6}} = 3,38 \text{ м.}$$

3. Для серийного взрывания значение ЛНС

$$W_1 = W(1,6 - 0,5m) = 3,38(1,6 - 0,5 \cdot 1) = 3,7 \text{ м.}$$

4. Находим интервал замедления между скважинными зарядами

$$t_3 = A_3 W_1 = 4 \cdot 3,7 = 14,8 \text{ мс.}$$

Принимаем $t_3 = 15 \text{ мс.}$

5. Расстояние между зарядами

$$a = mW_1 = 1 \cdot 3,7 = 3,7 \text{ м.}$$

6. По найденному интервалу замедления для короткозамедленного взрывания скважин принимаем электродетонаторы ЭДКЗ-ПМ с замедлением 15; 30; 45; 60 и 80 мс по 1 шт., для нулевой группы – ЭД-8-Э.

Пример 72. При электрическом короткозамедленном взрывании диоритов расчетный интервал замедления $t_3 = 28 \text{ мс.}$ Схема взрывания – однорядная с замедлением через скважину. Определить значение ЛНС при $A_3 = 4$, подобрать ЭД-КЗ-П и определить сопротивление электровзрывной сети $R_{\text{общ}}$, если $R_M = 4 \text{ Ом}$, $R_K = 1,2 \text{ Ом}$, $r_3 = 3,2 \text{ Ом}$, $R_Y = 1,3 \text{ Ом}$, $R_C = 1,6 \text{ Ом}$. В качестве нулевой группы используются ЭД-8-Ж. Число скважин – 6.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов и схему электровзрывной сети (рис. 41). Условные индексы наносятся на схему после получения соответствующих расчетных данных.

2. Определяем значение ЛНС

$$W_1 = t_3 / A_3 = 28 / 4 = 7 \text{ м.}$$

3. Для интервала замедления $t_3 = 28 \text{ мс}$ ближайшее значение интервала $t_3 = 25 \text{ мс}$ имеют электродетонаторы марки ЭД-КЗ-П. Требуемое число ЭД марки ЭД-КЗ-П – 3, марки ЭД-8-Ж – 3.

4. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + R_Y + N(R_K + r_3) = 4 + 1,6 + 1,3 + 6(1,2 + 3,2) = 33,3 \text{ Ом.}$$

Пример 73. Скважинные заряды для рыхления гранодиоритов располагаются на уступе в четыре ряда. Число скважин в каждом ряду $N_p = 7$. Величина $W_1 = 4,2 \text{ м}$, в качестве источника тока используется электросеть напряжением 380 В. Определить интервал замедления между рядами при $A_3 = 3,2$, подобрать электродетонаторы для монтажа элект-

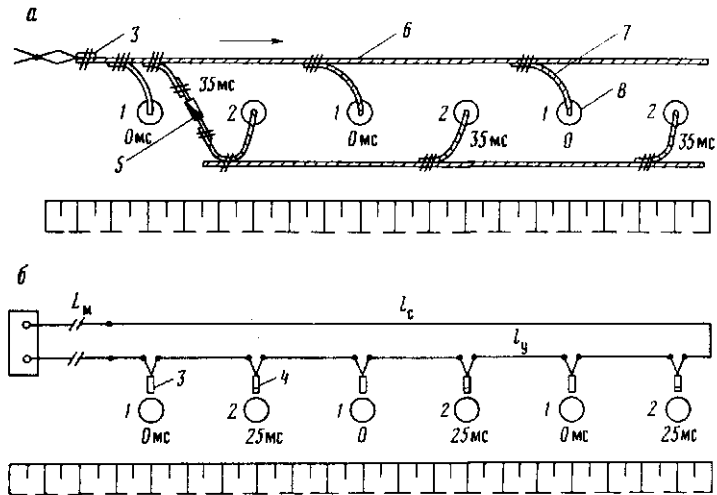


Рис. 41. Схемы однорядного короткозамедленного взрыва через скважину:
 а — детонирующим шнуром; б — электрическим способом; 1, 2 — очередность взрыва скважин в ряду; 3 — электродетонатор мгновенного действия; 4 — электродетонатор короткозамедленного действия; 5 — КЗДШ-69; 6 — магистраль ДШ; 7 — детонационный отрезок ДШ; 8 — скважина

ровзрывной сети короткозамедленного взрыва с клиновым врубом и найти силу тока, поступающего в каждый электродетонатор в последовательной электровзрывной сети при $R_M = 4,6 \text{ Ом}$, $R_C = 1,2 \text{ Ом}$, $R_Y = 1,8 \text{ Ом}$, для одного ряда, $r_3 = 3,6 \text{ Ом}$, $R_K = 1,4 \text{ Ом}$. В качестве нулевой группы используется электродетонатор ЭД-8-Э.

Решение. 1. Составляем схему последовательной электровзрывной сети с расположением зарядов при разрушении пород (рис. 42).

2. Определяем интервал замедления

$$t_3 = A_3 W_1 = 3,2 \cdot 4,2 = 13,44 \text{ мс.}$$

Расчетному замедлению между зарядами наиболее соответствуют электродетонаторы марки ЭД-1-3-Т с интервалом 20 мс.

Требуемое число электродетонаторов: мгновенного действия марки ЭД-8-Э — 1 шт; короткозамедленного действия типа ЭД-Т-3-Т с интервалом 20 мс — 3 шт, 40 — 6 шт; 60 мс — 7 шт; 80 мс — 6 шт; 100 мс — 4 шт; 120 мс — 2 шт.

3. Находим общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + R_Y + N(r_3 + R_K) = 4,6 + 1,2 + 4 \cdot 1,8 + \\ + 24(3,6 + 1,4) = 133 \text{ Ом.}$$

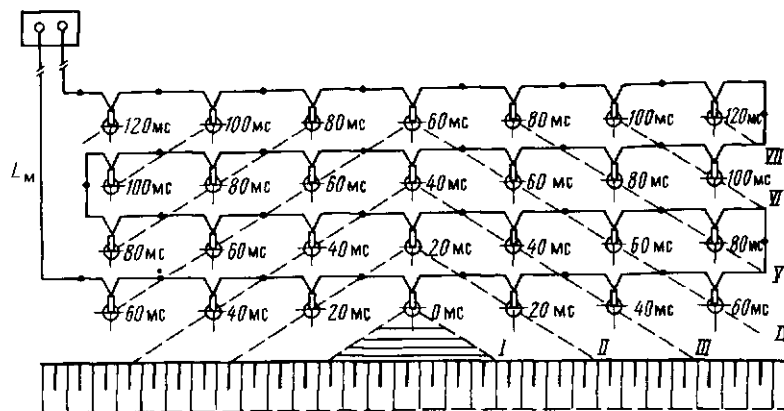


Рис. 42. Схема многорядного короткозамедленного взрывания с клиновым взрывом

I–VII – порядок взрывания групп зарядов; 0 ÷ 120 мс – время замедления

4. Сила тока, поступающего в каждый электродетонатор

$$i_3 = I_{\text{общ}} = U/R_{\text{общ}} = 380/133 = 2,86 \text{ А.}$$

§ 21. Определение параметров при короткозамедленном взрывании детонирующим шнуром

Короткозамедленное взрывание зарядов детонирующим шнуром производится с использованием пиротехнического реле замедления КЗДШ-69, имеющего замедления 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125.

Микрозамедления могут осуществляться с использованием пети ДША из расчета расхода 35 м ДША для получения замедления 5 мс.

Пример 74. При короткозамедленном взрывании уступа известняков $W_1 = 4$ м. Определить интервал замедления между зарядами, расход детонирующего шнура при параллельно-ступенчатом соединении и подобрать тип и число пиротехнических реле замедления. Скважины расположены в один ряд, боевики расположены на глубине 7,5 м. Число скважин $N = 7$, расстояние между скважинами $a = 4$ м. Схема короткозамедленного взрывания однорядная последовательная. Иницирование ДШ зажигательной трубкой.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов и взрывной сети из детонирующего шнура, аналогичную рис. 40.

2. Определяем интервал замедления между зарядами

$$t_3 = A_3 W_1 = 5 \cdot 4 = 20 \text{ мс.}$$

При однорядном взрывании принимаем пиротехническое реле КЗДШ-69 с замедлением 20 мс.

3. Требуемое число КЗДШ-69

$$n_{\kappa} = N - 1 = 7 - 1 = 6.$$

4. Определяем расход ДШ

$$L_{\text{ш}} = K_3 a N + K_3 l_6 N = 1,1 \cdot 4 \cdot 7 + 1,2 \cdot 7,5 \cdot 7 = 93,8 \text{ м.}$$

Принимаем $L_{\text{ш}} = 94 \text{ м.}$

Пример 75. Для взрывания железной руды используют скважинные заряды $d = 240 \text{ мм}$. Расстояние между скважинами в ряду $a = 8,8 \text{ м}$, относительное расстояние между зарядами $m = 1,1$. Длина заряда в скважине $l_3 = 9 \text{ м}$, глубина расположения боевиков $l_6 = 10 \text{ м}$. Взрывание короткозамедленное однорядное с замедлением через скважину. Коэффициент замедления $A_3 = 4,2$. Число взрываемых скважин $N = 6$, плотность заряжения $\Delta = 1,00 \text{ кг/дм}^3$, инициирование – электрическим способом. Определить общий расход ВВ и ДШ, интервал замедления, составить принципиальную схему короткозамедленного взрывания.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов, аналогичную рис. 41, б, и схему короткозамедленного взрывания.

2. Определяем значение ЛНС

$$W_1 = a / m = 8,8 / 1,1 = 8 \text{ м.}$$

3. Находим интервал замедления

$$t_3 = A_3 W_1 = 4,2 \cdot 8 = 33,6 \text{ мс.}$$

В качестве замедлителя принимаем КЗДШ-69 с замедлением 35 мс; число – 3 шт.

4. Определяем расход ДШ

$$L_{\text{ш}} = 2 \cdot 1,1 \cdot 6 \cdot 8,8 + 1,2 \cdot 6 \cdot 10 = 188 \text{ м.}$$

5. Общий расход ВВ

$$Q_{\text{общ}} = \rho' l_3 N = 45,2 \cdot 9 \cdot 6 = 2441 \text{ кг,}$$

где $\rho' = 45,2 \text{ кг/м.}$

Пример 76. Для взрывания 14 скважин, расположенных в два ряда, используется схема парно-последовательного короткозамедленного взрывания. Коэффициент замедления $A_3 = 4$ для получения развала должной формы увеличивается в 1,8 раза. Расстояние между зарядами $a = 7,2 \text{ м}$, относительное расстояние между зарядами $m = 1,1$. Расстояние между рядами зарядов $b = 0,9 W_1$.

Инициирование сети из детонирующего шнура – огневым способом. Подобрать реле замедления и определить расход ДШ при глубине расположения боевиков $l_6 = 8 \text{ м}$.

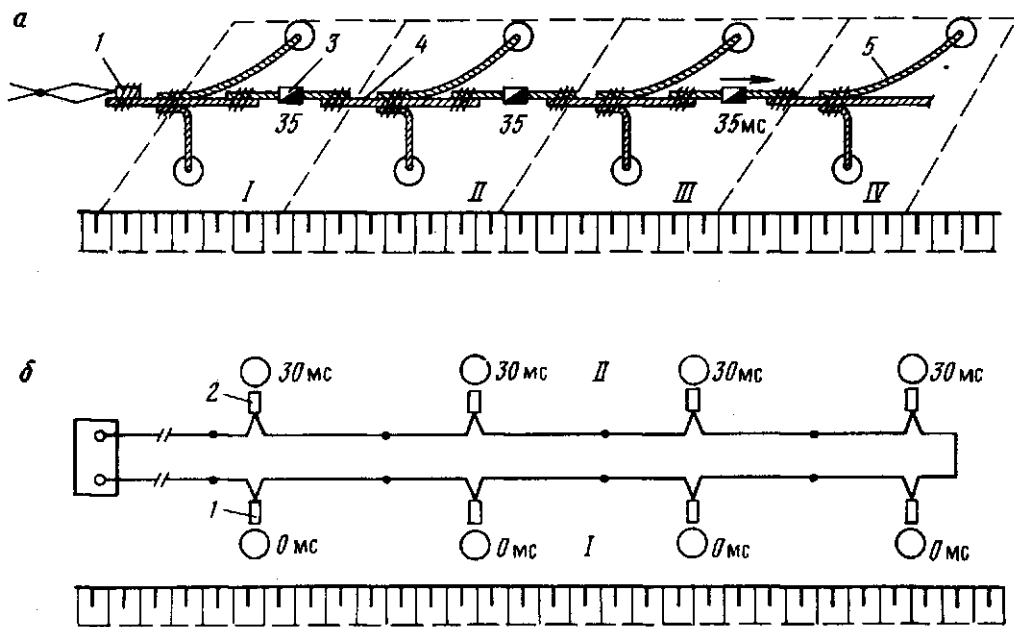


Рис. 43. Двухрядное короткозамедленное взрывание:

a — парно-последовательное детонирующим шнуром; *б* — порядное электрическим способом; 1 — ЭД мгновенного действия; 2 — ЭД-КЗ; 3 — КЗДШ-69; 4 — магистраль ДШ; 5 — детонационный отрезок ДШ; I — IV — последовательность взрывания рядов (пар) зарядов

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов и схему взрывной сети при парно-последовательном короткозамедленном взрывании (рис. 43, а).

2. Находим значение

$$W_1 = a/m = 7,2/1,1 = 6,55 \text{ м.}$$

Принимаем $W_1 = 6,6 \text{ м.}$

3. Определяем интервал замедления

$$t_3 = 1,8A_3 W_1 = 1,8 \cdot 4 \cdot 6,6 = 47,5 \text{ мс.}$$

Принимаем для монтажа взрывной сети реле КЗДШ-69 с замедлением 50 мс, требуемое число — 6 шт.

4. Расстояние между рядами зарядов

$$b = 0,9W_1 = 0,9 \cdot 6,6 = 5,94 \text{ м.}$$

Принимаем $b = 6 \text{ м.}$

5. Определяем расход ДШ

$$L_{\text{ш}} = \frac{K_3 a N}{2} + K_3 \left(\frac{n_p b}{2} N + \frac{n_p b}{2} \right) = \frac{1,1 \cdot 7,2 \cdot 14}{2} + 1,2 \left(8 \cdot 14 + \frac{2 \cdot 6}{2} \right) = 197 \text{ м,} \quad (\text{VI. 8})$$

где K_3 — коэффициент запаса [см. формулы (V. 2), (V. 3)]; N — число взрывааемых скважин; n_p — число взрывааемых рядов.

Пример 77. Для взрывания блока доломитов используется четырехрядное короткозамедленное взрывание. Число скважин в каждом ряду $N_p = 6$, $W_1 = 6 \text{ м}$, коэффициент замедления $A_3 = 5 \text{ м} = 1,2$, расстояние между рядами зарядов $b = 0,95W_1$. Инициирование магистрали из ДШ для каждого ряда производится двумя электродетонаторами. В качестве нулевой группы используются электродетонаторы ЭД-8-Ж. Боевики располагаются на глубине $l_6 = 8,5 \text{ м}$. Определить интервал замедления между рядами зарядов и расход ДШ.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов и схему короткозамедленного взрывания (рис. 44).

2. Находим интервал замедления

$$t_3 = A_3 W_1 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ мс.}$$

3. Расчетному интервалу замедления соответствуют электродетонаторы ЭД-КЗ-ПМ с интервалом 30; 60; 100 мс.

Расход электродетонаторов ЭД-8-Ж — 2 шт., ЭДКЗ-ПМ — 30 мс — 2 шт. 60 мс — 4 шт. 100 мс — 2 шт.

4. Расстояние между зарядами в ряду

$$a = mW_1 = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ м.}$$

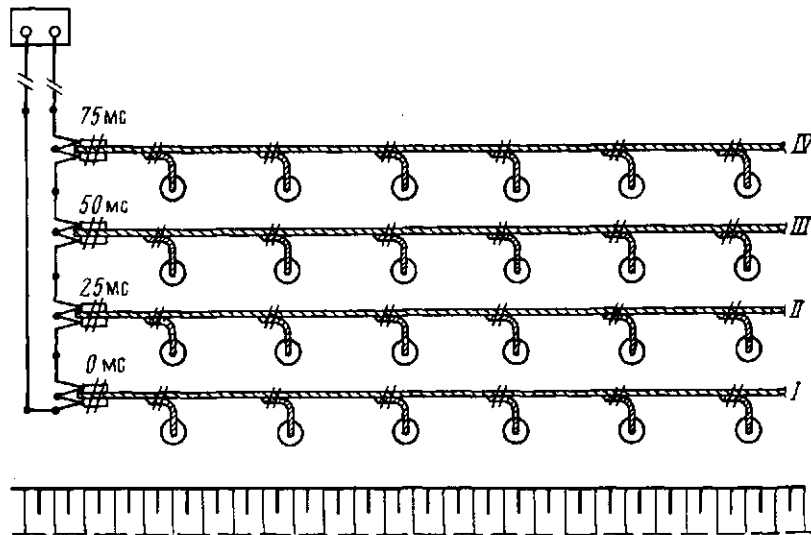


Рис. 44. Порядная схема многорядного короткозамедленного взрывания:
I—IV — последовательность взрывания рядов зарядов; 0; 25; 50; 75 мс — время замедления

5. Расстояние между рядами зарядов

$$b = 0,95W_1 = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ м.}$$

6. Определяем расход ДШ

$$L_{\text{ш}} = K_3 a N + K_3 /_6 N = 1,1 \cdot 24 \cdot 7,2 + \\ + 1,2 \cdot 8,5 \cdot 24 = 434,8 \text{ м.}$$

Принимаем $L_{\text{ш}} = 435 \text{ м.}$

Задача 177. При однорядном короткозамедленном взрывании 12 скважин диаметром 150 мм относительное расстояние между зарядами $m = 1,1$. В качестве нулевой группы используются электродетонаторы ЭД-8-Ж. Определить параметры расположения зарядов и интервал замедления между зарядами t_3 , если при взрывании известняков средней крепости удельный расход ВВ $0,45 \text{ кг/м}^3$, плотность заряжения $0,9 \text{ кг/дм}^3$.

Задача 178. Для взрывания рудного уступа используется короткозамедленное взрывание через скважину. Высота уступа 12 м, относительное расстояние между зарядами 1,15, величина ЛНС равна 5,6 м. Коэффициент замедления $A_3 = 4,5$, удельный расход ВВ $q = 0,45 \text{ кг/м}^3$. Определить общий расход ВВ на взрывание 16 скважин, интервал замедления между скважинами и подобрать электродетонаторы со стандартным замедлением.

Задача 179. При однорядном короткозамедленном взрывании через скважину интервал замедления между зарядами $t_3 = 50$ мс при $A_3 = 5$. Определить значение ЛНС, подобрать электродетонаторы из серии ЭД-КЗ-П для взрывания 10 скважинных зарядов.

Задача 180. Определить коэффициент замедления A_3 для взрывае-мых пород, если при $W_1 = 6$ м наилучшие результаты дробления дости-гаются при короткозамедленном однорядном взрывании через скважи-ну электродетонаторами ЭД-8-Ж и ЭД-КЗ-ПМ.

Задача 181. Порядная схема электрического короткозамедленного взрывания используется при взрывании двух рядов скважин, распо-ложенных на уступе гранитов высотой 16 м. Определить интервал замедле-ния между зарядами первого и второго ряда, и подобрать электродетона-торы, если $W_1 = 5,8$ м, а коэффициент замедления увеличивается в 1,4 раза по сравнению с табличным.

Задача 182. При взрывании кварцитов скважины располагают на уступе в три ряда. Число скважин в каждом ряду 18, величина ЛНС рав-на 5,5 м; $A_3 = 4$. Для взрывания блока используется волновая схема короткозамедленного взрывания. Составить принципиальную схему взрывания, определить интервал замедления между зарядами и подо-брать электродетонаторы со стандартными замедлениями.

Задача 183. Скважинные заряды для рыхления крепких руд распо-лагают на уступе в шесть рядов. Число скважин в каждом ряду 22, $W_1 = 5,6$ м. В качестве источника тока используется взрывной прибор ВМК-500. Определить интервал замедления при $A_3 = 3,8$, подобрать электродетонаторы для взрывной сети при короткозамедленном взры-вании с клиновым врубом.

Задача 184. Уступ известняков высотой 14 м рыхлят скважинными зарядами диаметром 170 мм при $W_1 = 6,2$ м. Боевики располагаются на глубине 9 м, число скважин 18, расстояние между скважинами 6,5 м. Схема короткозамедленного взрывания — однорядная последователь-ная. Определить интервал замедления между зарядами, расход ДШ при параллельно-ступенчатом соединении, подобрать тип и число пиротехнических реле замедления. Магистраль ДШ инициируют двумя электродетонаторами мгновенного действия типа ЭД-8-Э.

Задача 185. При взрывании уступа железных руд скважинными зарядами диаметром 230 мм расстояние между скважинами в ряду составляет 8,4 м, относительное расстояние между зарядами 1,05. Дли-на заряда в скважине 10 м, глубина расположения боевиков 12 м, плот-ность заряжения $1,1$ кг/дм³. Взрывание короткозамедленное одно-рядное последовательное детонирующим шнуром. Число взрывае-мых скважин 14 при $A_3 = 4,4$. Взрывную сеть из ДШ инициируют двумя электродетонаторами ЭД-8-Ж. Составить принципиальную схему корот-козамедленного взрывания и определить интервал замедления между зарядами и тип пиротехнических замедлителей, общий расход ВВ и ДШ.

Задача 186. Для взрывания 16 скважин, расположенных в два ряда,

используется схема парно-последовательного короткозамедленного взрывания. Расчетное расстояние между зарядами 8,4 м, относительное расстояние между зарядами 1,2. Расстояние между рядами зарядов $0,85W_1$, коэффициент замедления $A_3 = 7,5$. Взрывную сеть из ДШ инициируют огневым способом. Подобрать тип реле замедления и определить расход ДШ при глубине расположения боевиков 10 м.

Задача 187. Скважинные заряды диаметром 160 мм располагаются на уступе в два ряда. Для их взрывания используется схема короткозамедленного взрывания с замедлением через скважину в каждом ряду. Расстояние между скважинами в ряду 6 м, относительное расстояние между зарядами 1,2. Расстояние между рядами скважин 4,5 м. Коэффициент замедления $A_3 = 4,8$. Число взрываемых скважин 36, глубина расположения боевиков 9 м. Подобрать тип реле замедления и определить расход ДШ при параллельно-ступенчатом соединении взрывной сети. Взрывную сеть инициируют двумя параллельно соединенными электродетонаторами ЭД-8-Ж.

Задача 188. Для взрывания блока известняков используется трехрядное порядное короткозамедленное взрывание. Число скважин в каждом ряду 11. Известны величины: $W_1 = 7,5$ м, $A_3 = 5,2$, $m = 1,1$, $b = 0,87W_1$. Магистраль ДШ в каждом ряду инициируют двумя электродетонаторами. В качестве нулевой группы используют электродетонаторы ЭД-8-Э. Боевики располагают на глубине 10 м. Определить интервал замедления t между рядами зарядов и расход ДШ на взрывание всего блока.

Задача 189. Схема радиального короткозамедленного взрывания, используемая для взрывания железистых кварцитов, состоит из четырех концентрических рядов скважинных зарядов при $W_1 = 10$ м, $m = 0,8$, $b = 0,8W_1$, $A_3 = 3,7$. Магистраль из ДШ инициируют огневым способом. Определить интервал замедления, подобрать стандартные типы пиротехнических реле замедления для монтажа взрывной сети.

Глава VII

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАРЯДОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ, ВОЗДУШНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ И ВНУТРИСКВАЖИННОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ

К специальным методам производства взрывных работ на рыхление в данной главе отнесены скважинные заряды, имеющие как конструктивные особенности, так и соответствующие способы их инициирования. Заряды с внутрискважинным замедлением, с инертными промежутками и при контурном взрывании имеют ряд особенностей при расчете их массы и отдельных частей, а также при определении потребности средств взрывания для их инициирования.

§ 22. Определение параметров зарядов при взрывании с внутрискважинным замедлением

Сущность взрывания с внутрискважинным замедлением состоит в одновременном инициировании нижней и верхней частей рассредоточенного скважинного заряда (рис. 45). Если первой взрывают нижнюю часть заряда, то происходит взрывание с внутрискважинным замедлением с нижним инициированием; если первой взрывают верхнюю часть заряда, то с верхним инициированием.

Время замедления между частями заряда — внутрискважинное замедление —

$$t_{\text{в}} = 14W/c_0, \quad (\text{VII. 1})$$

где W — линия наименьшего сопротивления, м; $t_{\text{в}}$ — время внутрискважинного замедления, мс; c_0 — скорость распространения продольной упругой волны сжатия во взрываеом массиве, м/с.

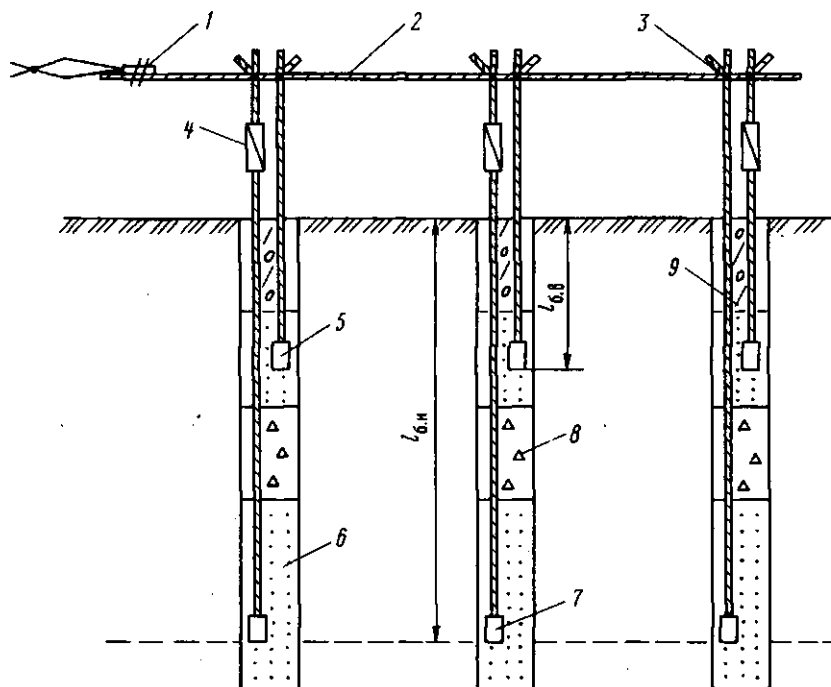


Рис. 45. Схема сети с внутрискважинным замедлением:
 1 — электродетонатор; 2 — магистраль ДШ; 3 — соединение ДШ морским узлом;
 4 — КЗДШ-69; 5 — верхний боевик; 6 — заряд ВВ; 7 — нижний боевик; 8 — инертный промежуток; 9 — забойка; $l_{\text{б.в}}$, $l_{\text{б.н}}$ — глубина заложения верхнего и нижнего боевиков

Для расчетов значение c_0 для крепких пород равно 6000 м/с; пород средней крепости – 4500 м/с, слабых – 3000 м/с.

Боевик в нижней части заряда располагается на уровне подошвы уступа.

Длина детонационного отрезка ДШ для нижнего боевика

$$l_{б.н} = 1,2H, \quad (VII. 2)$$

где H – высота взрывающегося уступа.

Длина детонационного отрезка для верхнего боевика

$$l_{б.в} = 1,2(l_{зб} + 0,5l_{з.в}), \quad (VII. 3)$$

где $l_{зб}$ – длина забойки, м; $l_{з.в}$ – длина верхней части заряда, м.

Длина забойки

$$l_{зб} = L_c - l_{з.н} - l_{и.п} - l_{з.в}, \quad (VII. 4)$$

где L_c – длина скважины, м; $l_{з.н}$ – длина нижней части заряда, м; $l_{з.в}$ – длина верхней части заряда, м; $l_{и.п}$ – длина инертного промежутка, м.

Длина инертного промежутка $l_{и.п}$ для крепких пород равна $12d$, средних – $15d$, слабых – $18d$, где d – диаметр скважины.

Пример 78. При взрывании уступа крепких пород высотой 12 м, расстояние между скважинами в ряду $a = 6,3$ м $m = 0,9$, $q = 0,7$ кг/м³, $l_{и.п} = 2,8$ м. Рассредоточенные скважинные заряды $d = 230$ мм взрываются детонирующим шнуром с внутрискважинным замедлением. Соотношение между нижней и верхней частями заряда $2 : 1$, $\rho' = 37$ кг/м. Определить массу скважинного заряда и его частей, длину инертного промежутка, время внутрискважинного замедления, расход ДШ на детонационные отрезки в одной скважине.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему конструкции заряда в скважине (см. рис. 45).

Определяем ЛНС

$$W = a/m = 6,3/0,9 = 7 \text{ м.}$$

3. Находим массу скважинного заряда

$$Q_c = qaWH = 0,7 \cdot 6,3 \cdot 7 \cdot 12 = 370,44 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q_c = 370$ кг.

4. Определяем массу верхней части заряда

$$Q'_в = Q_c/3 = 123,3 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q'_в = 123$ кг.

5. Масса нижней части заряда

$$Q'_н = Q_c - Q'_в = 370 - 123 = 247 \text{ кг.}$$

6. Длина инертного промежутка в заряде для крепких пород

$$l_{и.п} = 12d = 12 \cdot 0,230 = 2,76 \text{ м.}$$

Принимаем $l_{и.п} = 2,8 \text{ м.}$

7. Определяем время внутрискважинного замедления для крепких пород $c_0 = 6000 \text{ м/с:}$

$$t_v = 14 \frac{W}{6000} = 14 \frac{7}{6000} = 0,0163 \text{ с.}$$

Принимаем КЗДШ-69 со стандартным замедлением 20 мс.

8. Длина скважины

$$L_c = H + l_{и.п} = 12 + 2,8 = 14,8 \text{ м.}$$

9. Длина частей заряда

$$l_{з.н} = Q'_n / \rho' = 247/37 = 6,7 \text{ м.} \quad l_{з.в} = Q'_v / \rho' = 123/37 = 3,3 \text{ м.}$$

10. Длина забойки в скважине

$$l_{зб} = L_c - l_{з.н} - l_{и.п} - l_{з.в} = 14 - 6,7 - 2 - 3,3 = 2 \text{ м.}$$

11. Длина детонационного отрезка для нижней части заряда

$$l_{б.н} = 1,2H = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ м.}$$

Для верхнего боевика

$$l_{б.в} = 1,2(l_{зб} + 0,5l_{з.в}) = 1,2(2 + 0,5 \cdot 3,3) = 4,38 \text{ м.}$$

Принимаем $l_{б.в} = 4,4 \text{ м.}$

12. Расход ДШ на детонационные отрезки в одной скважине

$$l_{дш} = l_{б.н} + l_{б.в} = 14,4 + 4,4 = 18,8 \text{ м.}$$

Задача 190. При взрывании пород средней крепости расстояние между скважинными зарядами $a = 5,5 \text{ м}$, $m = 1,1$, $d = 150 \text{ мм}$, $H = 16 \text{ м}$, $q = 0,6 \text{ кг/м}^3$. Определить массу скважинного заряда, длину инертного промежутка, значение внутрискважинного замедления.

Задача 191. Для взрывания крепких руд используют скважины $d = 160 \text{ мм}$, величина $W = 5 \text{ м}$. Определить величину внутрискважинного замедления и длину инертного промежутка.

§ 23. Определение параметров зарядов с воздушными промежутками

Параметры зарядов с воздушными промежутками (рис. 46) рассчитывают по следующим формулам.

Общая длина воздушных промежутков в скважине

$$h_{в.п} = a_v l_{з.}$$

(VII. 5)

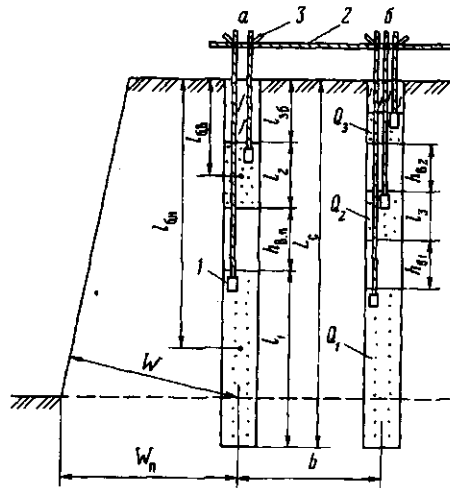


Рис. 46. Конструкция заряда с воздушными промежутками:

a — заряд с одним воздушным промежутком; *b* — заряд с двумя воздушными промежутками; 1 — боввик; 2 — ДШ; 3 — соединение ДШ морским узлом; Q_1, Q_2, Q_3 — масса частей скважинного заряда; $h_{в.п}$ — общая длина воздушного промежутка; $h_{в.п1}, h_{в.п2}$ — длина частей воздушного промежутка; l_1, l_2, l_3 — длина нижней, верхней и средней частей заряда; $l_{зб}$ — длина забойки; L_c — длина скважины

где l_3 — общая длина скважинного заряда, м; $a_v = 0,17 \div 0,35$ — значение коэффициента относительной длины воздушного промежутка.

Общая масса скважинного заряда Q_c определяется по формулам главы II. Масса заряда в нижней части скважины:

при одном воздушном промежутке

$$Q_1 = (0,6 \div 0,7) Q_c, \text{ кг}; \quad (\text{VII. 6})$$

при двух воздушных промежутках и более

$$Q_1 = 0,5 Q_c, \text{ кг}. \quad (\text{VII. 7})$$

Масса верхней части заряда:

при одном воздушном промежутке

$$Q_2 = Q_c - Q_1; \quad (\text{VII. 8})$$

при двух воздушных промежутках

$$Q_3 = Q_2 = (Q_c - Q_1) / 2. \quad (\text{VII. 9})$$

Общая длина заряда в скважине

$$l_3 = l_1 + l_2, \quad (\text{VII. 10})$$

где l_1 — длина нижней части заряда, м; l_2 — длина верхней части заряда, м.

Если в скважинном заряде несколько воздушных промежутков, то высота каждого из них определяется по формуле

$$h_k = h_{в.п} / z, \quad (\text{VII. 11})$$

где $h_{в.п}$ — общая длина воздушных промежутков в скважине, м; z — число воздушных промежутков в заряде.

Длина забойки в скважине

$$l_{зб} = L_c - (l_{зб} + h_{в.п}), \quad (VII. 12)$$

где L_c — длина скважины, м; $l_{зб}$ — длина забойки, м.

Пример 79. Для взрывания пород средней крепости используются скважинные заряды $d = 210$ мм с одним воздушным промежутком. Удельный расход ВВ $q = 0,4$ кг/м³; $W = 7$ м; $a = 8$ м. Длина вертикальной скважины $L_c = 18$ м; $l_n = 2$ м, плотность заряжения $\Delta = 0,9$ кг/дм³; $\alpha_v = 0,25$. Определить высоту воздушного промежутка, массу нижней и верхней частей заряда, длину забойки в одной скважине и расход ДШ, если боевики располагаются в центре частей заряда.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов, аналогичную рис. 46.

2. Определяем высоту взрываемого уступа

$$H = L_c - l_n = 18 - 2 = 16 \text{ м.}$$

3. Находим общую массу скважинного заряда

$$Q_c = qaHW = 0,4 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 7 = 358,4 \text{ кг.}$$

4. Находим общую длину заряда

$$l_3 = Q_c / \rho' = 358,4 / 30,9 = 11,6 \text{ м,} \quad (VII. 13)$$

где ρ' — вместимость скважины, кг/м.

Для скважины диаметром 210 мм при $\Delta = 0,9$ кг/дм³; $\rho' = 30,9$ кг/м.

5. Находим длину воздушного промежутка

$$h_{в.п} = \alpha_v l_3 = 0,25 \cdot 11,6 = 2,9 \text{ м.}$$

6. Определяем массу нижней и верхней частей заряда:

$$Q_1 = 0,7Q_c = 0,7 \cdot 358,4 = 250,9 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = Q_c - Q_1 = 358,4 - 250,9 = 107,5 \text{ кг.}$$

7. Определяем длину забойки в скважине

$$l_{зб} = L_c - (l_3 + h_{в.п}) = 18 - (11,6 + 2,9) = 3,5 \text{ м.}$$

8. Находим длину нижней и верхней частей заряда

$$l_1 = Q_1 / \rho' = 250,9 / 30,9 \approx 8,1 \text{ м.}$$

$$l_2 = l_3 - l_1 = 11,6 - 8,1 = 3,5 \text{ м.}$$

9. Для определения глубины расположения боевиков находим рас-

стояние от поверхности уступа до центра верхней и нижней частей заряда

$$l_{62} = l_{36} + \frac{l_2}{2} = 3,5 + \frac{3,5}{2} \approx 5,2 \text{ м};$$

$$l_{61} = L_c - \frac{l_1}{2} = 18 - \frac{8,1}{2} \approx 14 \text{ м}.$$

10. Находим длину концевых отрезков для верхней части заряда

$$l_{к2} = K_1 l_{62} = 1,2 \cdot 5,2 = 6,3 \text{ м};$$

для нижней части заряда

$$l_{к1} = K_1 l_{61} = 1,2 \cdot 14 = 16,8 \text{ м}.$$

11. Определяем расход ДШ на взрывание одного заряда с воздушным промежутком.

Учитывая, что при $L_c > 15$ м обязательно дублирование концевых отрезков ДШ, расход ДШ

$$l_{\text{ДШ}} = 2(l_{к1} + l_{к2}) = 2(16,7 + 6,3) = 46 \text{ м}.$$

Пример 80. Масса скважинного заряда с двумя воздушными промежутками составляет $Q_c = 760$ кг; $H = 25$ м; $l_n = 3$ м, вместимость 1 м скважины $\rho' = 38$ кг. Определить высоту воздушных промежутков, массу и длину каждой части заряда, если $\alpha_v = 0,2$.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения заряда в скважине (см. рис. 46).

2. Находим глубину скважины

$$L_c = H + l_n = 25 + 3 = 28 \text{ м}.$$

3. Общая длина заряда

$$l_3 = Q_c / \rho' = 760 / 38 = 20 \text{ м}.$$

4. Общая длина воздушного промежутка

$$l_{в.п} = \alpha_v l_3 = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ м}.$$

5. Длина каждого воздушного промежутка

$$h_k = l_{в.п} / 2 = 4 / 2 = 2 \text{ м}.$$

6. Масса нижней части заряда

$$Q_1 = 0,5 Q_c = 0,5 \cdot 760 = 380 \text{ кг}.$$

7. Масса второй и третьей части заряда

$$Q_2 = Q_3 = (Q - Q_1) / 2 = (760 - 380) / 2 = 190 \text{ кг}.$$

8. Длина частей заряда нижней l_1 , средней l_3 и верхней l_2

$$l_1 = \frac{Q_1}{\rho} = \frac{380}{38} = 10 \text{ м,}$$

$$l_2 = l_3 = \frac{Q_2}{\rho} = \frac{190}{38} = 5 \text{ м.}$$

Задача 192. Масса скважинного заряда с одним воздушным промежутком 240 кг, вместимость 1 м скважины 20 кг. Соотношение между массой нижней и верхней частей заряда 7 : 3. Определить высоту воздушного промежутка, массу и длину каждой части заряда Q_1 , Q_2 , l_1 , l_2 , если $\alpha_B = 0,24$.

Задача 193. Длина воздушного промежутка в скважинном заряде составляет 3 м при $\alpha_B = 0,30$. Соотношение между массой нижней и верхней частей заряда 6 : 4. Определить длину и массу скважинного заряда, если масса верхней части заряда 80 кг.

Задача 194. Скважинный заряд массой 360 кг разделен двумя воздушными промежутками. Плотность заряжения 1 кг/дм³ при диаметре скважины 175 мм.

Определить высоту воздушных промежутков $h_{к1}$, $h_{к2}$, массу Q_1 , Q_2 , Q_3 и длину l_1 , l_2 , l_3 каждой части скважинного заряда, если $\alpha_B = 0,32$.

Задача 195. Для взрывания крепких руд используют скважинные заряды диаметром 240 мм с двумя воздушными промежутками. Удельный расход ВВ 0,60 кг/м³, величина ЛНС равна 7 м, расстояние между скважинами 8 м. Высота уступа 22 м, глубина перебура 3 м; $\Delta = 1,05$ кг/дм³ $\alpha_B = 0,2$. Определить высоту воздушных промежутков $h_{к1}$, $h_{к2}$, массу всех частей заряда Q_1 , Q_2 , Q_3 , длину забойки и расход ДШ на одну скважину $l_{ДШ}$, если боевики располагаются в центре каждой части скважинного заряда.

§ 24. Расчет параметров зарядов при контурном взрывании

Контурное взрывание используют с целью получения выемок с ровными бортами, уменьшения величины заколов и сейсмического действия взрыва (рис. 47).

Нормативные (эталонные) контурные скважины имеют диаметр $d_k = 110$ мм, диаметр патронов в контурных скважинах $d_{к.з} = 32$ мм. Соотношение между диаметром контурной скважины и диаметром контурного заряда

$$d_k : d_{к.з} = 3 : 1.$$

Для расчетов в примерах и задачах принята линейная плотность кон-

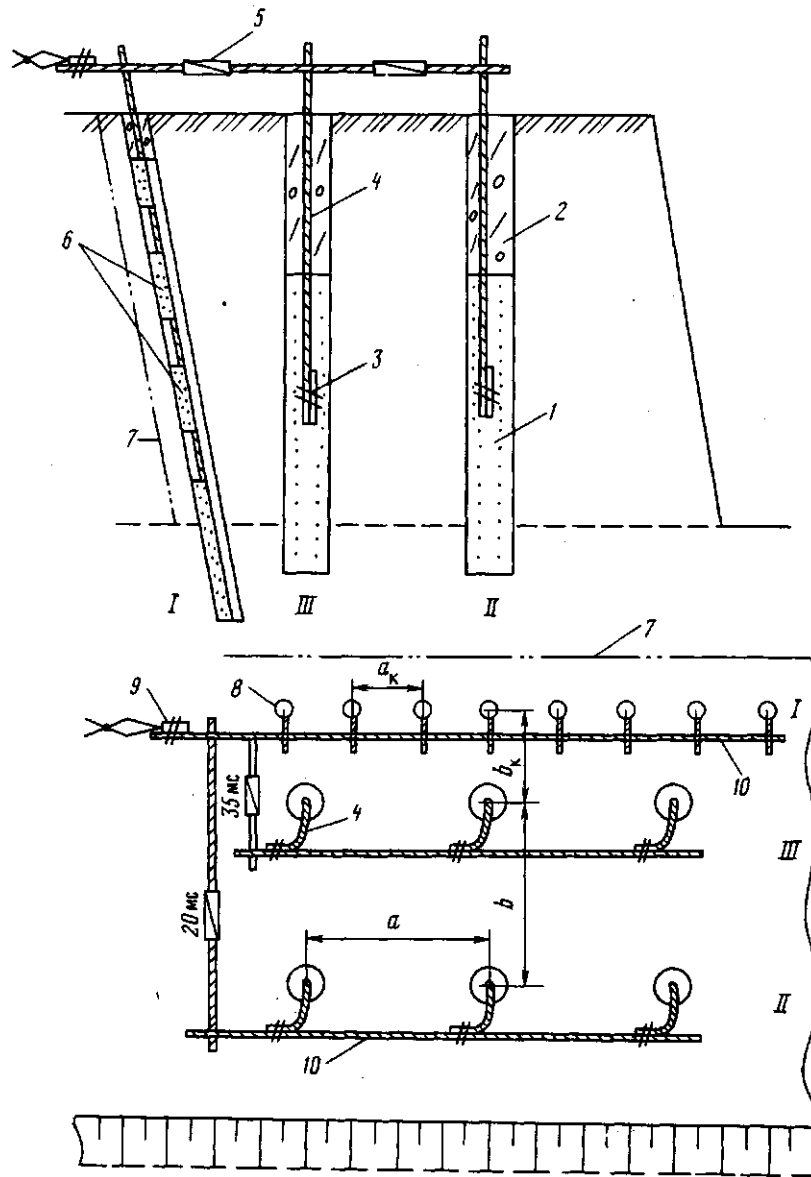


Рис. 47. Схема расположения зарядов при контурном взрывании:

1 — скважинный заряд рыхления; 2 — забойка; 3 — узел ДШ; 4 — детонационный отрезок ДШ; 5 — КЗДШ-69; 6 — контурный заряд (заряд-гирлянда); 7 — линия отрыва пород; 8 — контурная скважина; 9 — электродетонатор; 10 — магистраль ДШ; a_k — расстояние между контурными скважинами; a — расстояние между скважинами рыхления; b_k — расстояние между рядами контурных скважин и скважин рыхления; b — расстояние между рядами скважин рыхления; I, II, III — порядок взрывания рядов скважинных зарядов.

турных зарядов (вместимость) в крепких породах $p_k = 0,5$ кг/м; в породах средней крепости $p'_k = 0,3$ кг/м.

Расстояние между скважинами контурных зарядов:
в крепких породах

$$a_k = 20d_{к.з}; \quad (VII. 14)$$

в породах средней крепости

$$a_k = 25d_{к.з}; \quad (VII. 15)$$

где $d_{к.з}$ — диаметр заряда контурной скважины, м.

Расстояние между рядами контурных скважин и скважинами рыхления

в крепких породах

$$b_k = 18d_{з.р}; \quad (VII. 16)$$

в породах средней крепости

$$b_k = 25d_{з.р}; \quad (VII. 17)$$

где $d_{з.р}$ — диаметр скважины рыхления, м.

Базовый удельный расход ВВ для контурного взрывания в крепких породах принят $q_6 = 1100$ кг/1000 м² поверхности откола; в породах средней крепости $q_6 = 800$ кг/1000 м². Базовый удельный расход детонирующего шнура при высоте уступа 10 м: $q_{дш} = 2000$ м/1000 м² поверхности откола, при $H = 15$ м $q_{дш} = 1800$ м/1000 м². Длина забойки в контурной скважине $l_{з.б} = a_k$.

Интервал замедления между взрывом контурных скважин и скважин рыхления в крепких породах составляет 75 мс, в породах средней крепости — 100 мс.

Пример 81. При проходке котлована глубиной $H = 10$ м в крепких породах используется контурное взрывание зарядов, (вместимость) $p' = 0,5$ кг/м. Диаметр контурных скважин $a_k = 110$ мм, контурных зарядов $d_{к.з} = 32$ мм, скважин рыхления $d_{з.р} = 200$ мм, поверхность откола $S_0 = 2600$ м². Длина перебура скважин рыхления $l_n = 2$ м. Контурные скважины на $12d_{к.з}$ длиннее скважин рыхления. Определить длину скважин рыхления и контурных скважин, расстояние между контурными зарядами, между рядами контурных и основных скважин, расход ВВ на одну контурную скважину и на контурное взрывание данной серии скважин.

Решение. 1. Определяем длину скважин рыхления

$$L_c = H + l_n = 10 + 2 = 12 \text{ м.}$$

2. Длина контурных скважин

$$L_k = L_c + 12d_{к.з} = 12 + 12 \cdot 0,11 = 13,32 \text{ м.}$$

Принимаем $L_k = 13,3$ м.

3. Расстояние между контурными зарядами в крепких породах

$$a_k = 20d_{к.з} = 20 \cdot 0,032 = 0,64 \text{ м.}$$

Принимаем $a_k = 0,7$ м.

4. Расстояние между рядами контурных и основных скважин в крепких породах

$$b_k = 18d_{з.р} = 18 \cdot 0,2 = 3,6 \text{ м.}$$

5. Длина забойки в скважине

$$l_{зб} = a_k = 0,7 \text{ м.}$$

6. Длина заряжаемой части контурной скважины

$$l_{з.с} = L_k - l_{зб} = 13,3 - 0,7 = 12,6 \text{ м.}$$

7. Масса контурного заряда по линейной плотности (вместимости)

$$Q_k = l_{з.с} \rho' = 12,6 \cdot 0,5 = 6,3 \text{ кг.}$$

8. Расход ВВ на серию контурных зарядов по поверхности откола в крепких породах

$$Q_{к.с} = q_6 \frac{S_0}{1000} = 1100 \frac{2600}{1000} = 2860 \text{ кг.} \quad (\text{VII. 18})$$

Задача 196. При проходке траншей в крепких породах используются контурное взрывание зарядов, вместимость $\rho' = 0,5$ кг/м. Глубина траншеи $H = 15$ м, диаметр контурного заряда $d_{к.з} = 32$ мм; контурных скважин $d_k^k = 110$ мм, зарядов рыхления $d_{з.р} = 230$ мм. Поверхность откола $S_0 = 1200$ м². Длина перебура скважин рыхления $l_p = 3$ м, контурные скважины на $12d_{к.з}$ длиннее скважин рыхления. Определить длину скважин рыхления и контурных скважин, расстояние между контурными зарядами, расход ВВ и ДШ по поверхности откола.

Задача 197. При взрывании серии контурных зарядов в породах средней крепости поверхность откола составила $S_0 = 1600$ м², расход ВВ на контурное взрывание $Q_{к.с} = 1280$ кг, детонирующего шнура 2880 м. Определить удельный расход ВВ и ДШ на 1000 м² поверхности откола.

Задача 198. Расстояние между контурными зарядами в крепких породах $a_k = 0,72$ м, между рядами контурных скважин и скважин рыхления $b_k = 4,5$ м. Определить диаметры контурных зарядов и скважин рыхления.

Глава VIII

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАРЯДОВ ПРИ ВЗРЫВАНИИ НА ВЫБРОС

Взрывание на выброс осуществляют для образования каналов, канав и других профильных выемок различного назначения, а также для образования насыпей, плотин и т.п.

Взрывание на выброс проводится методами сосредоточенных зарядов, горизонтальных удлиненных зарядов и скважинными зарядами.

§ 25. Расчет параметров сосредоточенных зарядов и воронки выброса

Радиус воронки выброса

$$r = nW, \quad (\text{VIII. 1})$$

где r — радиус воронки выброса, м; n — показатель действия взрыва; W — ПНС.

Показатель действия взрыва

$$n = r/W. \quad (\text{VIII. 2})$$

Видимая глубина воронки выброса H_v зависит от показателя действия взрыва и свойств грунта:

$$H_v = \alpha W (2n - 1), \quad (\text{VIII. 3})$$

где α — эмпирический коэффициент, зависящий от свойств взрывааемых грунтов.

Для нескальных и скальных пород при $n \leq 2$ с достаточной достоверностью можно принять $\alpha = 0,33$ и определить глубину воронки по формуле

$$H_v = 0,33 W (2n - 1). \quad (\text{VIII. 4})$$

При $n > 2$ в сжимаемых грунтах видимая глубина воронки выброса определяется по формуле

$$H_v = W + R_{с.с.}, \quad (\text{VIII. 5})$$

где $R_{с.с.}$ — радиус сжатия грунта при взрыве сосредоточенного заряда, м.

$$R_{с.с.} = 0,062^3 \sqrt{UQ_v}, \quad (\text{VIII. 6})$$

где U — коэффициент пропорциональности, учитывающий свойства взрывааемых грунтов к сжатию при воздействии взрыва. Для сжимаемых скальных пород $U = 10$, для нескальных пород средней прочности $U = 150$, для глин $U = 250$; Q_v — масса сосредоточенного заряда выброса, кг.

Для определения массы сосредоточенного заряда выброса существует несколько формул.

При решении задач 208–211 рекомендуется использовать формулу М.М. Берескова.

$$Q_B = q_H W^3 (0,4 + 0,6n^3), \quad (\text{VIII. 7})$$

где q_H – удельный расход ВВ для нормального выброса, кг/м³; $f(n) = (0,4 + 0,6n^3)$ в зависимости от показателя действия взрыва, имеет следующие значения:

n	1	1,25	1,5	1,75
$f(n) = (0,4 + 0,6n^3)$	1	1,57	2,42	3,61
n	2	2,25	2,5	2,75
$f(n) = (0,4 + 0,6n^3)$	5,2	7,23	9,77	12,88

При значении $W > 25$ м пользуются формулой с поправкой Г.И. Покровского

$$Q_B = q_H W^3 (0,4 + 0,6n^3) \sqrt{W/25}. \quad (\text{VIII. 8})$$

Для определения веса сосредоточенного заряда выброса при решении задач 202–206 рекомендуется использовать формулу В.И. Гущина

$$Q_B = q_H W^3 (An^3 - An^2 + 1), \quad (\text{VIII. 9})$$

где A – эмпирический коэффициент.

При $1,1 < n < 2,1$ $A = 3,1 - n$; при $n > 2,1$ $A = 1$. В зависимости от показателя действия взрыва $f(n) = An^3 - An^2 + 1$ имеют следующие значения:

n	1	1,25	1,5	1,75
$f(n) = An^3 - An^2 + 1$	1	1,72	2,8	4,1
n	2	2,25	2,50	2,75
$f(n) = An^3 - An^2 + 1$	5,4	7,33	10,37	14,24

Ширина развала, как расстояние от оси воронки до конца развала, определяется по формуле

$$B_p = 5nW. \quad (\text{VIII. 10})$$

Высота развала

$$h_p = 0,6W/n. \quad (\text{VIII. 11})$$

Радиус действия взрыва в воронке выброса

$$R_B = W\sqrt{n^2 + 1}. \quad (\text{VIII. 12})$$

Расстояние между сосредоточенными зарядами выброса в ряду

$$a = 0,5W(n + 1). \quad (\text{VIII. 13})$$

Расстояние между рядами сосредоточенных зарядов выброса

$$b = 0,42W(n + 1). \quad (\text{VIII. 14})$$

При взрывании на сброс масса сосредоточенного заряда

$$Q_{в.с} = q_n W^3 (0,4 + 0,6n^3) \sqrt{\cos \alpha}, \quad (\text{VIII. 15})$$

где α — угол наклона поверхности косогора $\alpha > 20^\circ$.

Пример 82. Определить показатель действия взрыва при заложении одного сосредоточенного заряда на глубину 12 м. Высота заряда в камере $h_3 = 3,2$ м. Расчетный диаметр воронки выброса $D_B = 41,6$ м.

Решение. 1. Составляем схему расположения заряда выброса (рис. 48).

2. Определяем значение ЛНС

$$W = H_3 - \frac{h_3}{2} = 12 - \frac{3,2}{2} = 10,4 \text{ м}. \quad (\text{VIII. 16})$$

Здесь H_3 — глубина заложения заряда, равная расстоянию от поверхности земли до подошвы зарядной камеры, м.

3. Определяем значение показателя действия взрыва

$$n = D_B / 2W = 41,6 / (2 \cdot 10,4) = 2. \quad (\text{VIII. 17})$$

Пример 83. Взрывом сосредоточенного заряда требуется образовать воронку диаметром $D_B = 36$ м. Удельный расход ВВ для зарядов нормального выброса в данных взрываемых породах составляет $q_n = 1,2$ кг/м³; $W = 12$. Определить массу сосредоточенного заряда выброса.

Решение. 1. Составляем схему расположения заряда выброса (см. рис. 48).

2. Находим значение показателя действия взрыва

$$n = D_B / (2W) = \frac{36}{2 \cdot 12} = 1,5.$$

3. Определяем массу сосредоточенного заряда выброса по формуле (VIII. 7)

$$Q_{в} = q_n W^3 (0,4 + 0,6n^3) = 1,2 \cdot 12^3 (0,4 + 0,6 \cdot 1,5^3) \approx 5020 \text{ кг}.$$

Пример 84. Выемку длиной 525 м и шириной поверху $B = 60$ м в грунтах с коэффициентом пропорциональности $U = 10$ необходимо образовать взрывом сосредоточенных зарядов выброса. Определить расстояние между зарядами, общую массу зарядов и глубину выемки при однорядном взрывании, если $W = 12$ м, $q_n = 1,5$ кг/м³.

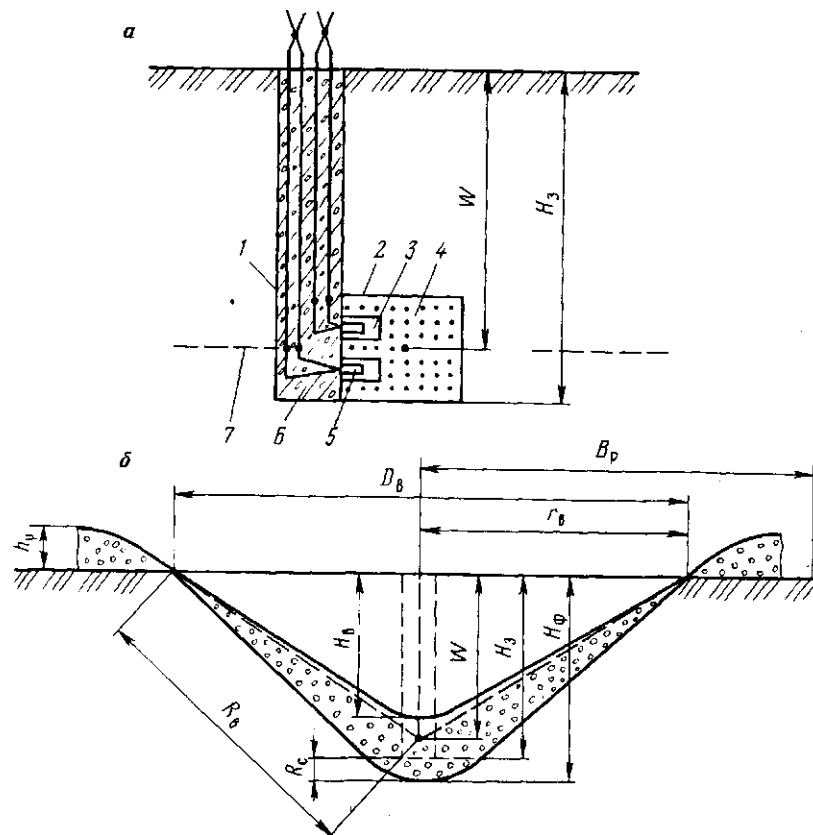


Рис. 48. Схема расположения сосредоточенных зарядов (а) и параметры воронки выброса (б):

1 – шурф; 2 – зарядная камера; 3 – боевик; 4 – заряд ВВ; 5 – электродетонатор; 6 – забойка; 7 – проектный контур дна выемки; W – ЛНС; H_3 – глубина заложения заряда; $r_в$ – радиус воронки выброса; B_p – ширина навала пород; $h_п$ – высота навала пород; $H_н$ – глубина выемки в момент взрыва; $H_в$ – видимая глубина выемки; $R_с$ – величина сжатия грунтов; $R_в$ – радиус действия взрыва; $D_в$ – диаметр воронки выброса

Решение. 1. Составляем принципиальную схему однорядного расположения зарядов выброса (рис. 49).

2. Определяем значение n для профильных выемок

$$n = B/(2W) = 60/(2 \cdot 12) = 2,5. \quad (\text{VIII. 18})$$

3. По формуле (VIII. 9) определяем массу сосредоточенного заряда при $n = 2,5$; $A = 1$.

$$Q_в = q_n W^3 (An^3 - An^2 + 1) = 1,5 \cdot 12^3 (1 \cdot 2,5^3 - 1 \cdot 2,5^2 + 1) = 26880 \text{ кг.}$$

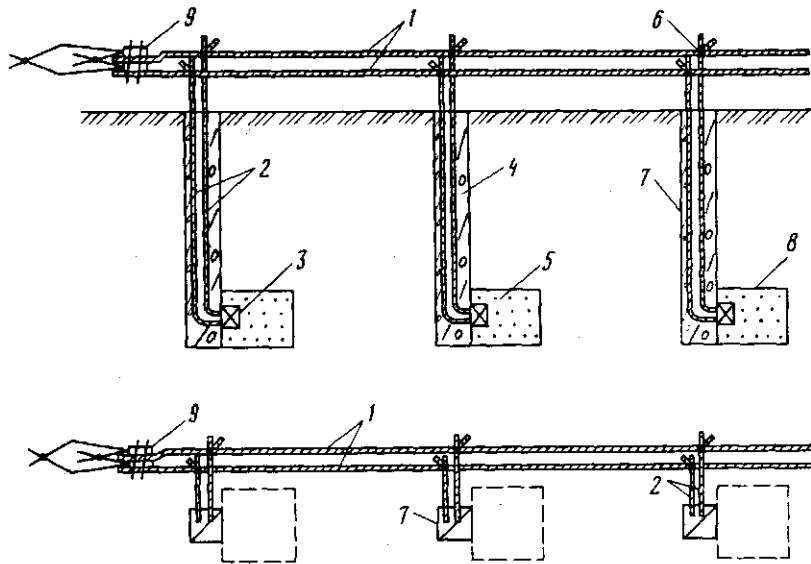


Рис. 49. Схема однорядного расположения сосредоточенных зарядов выброса:

1 — взрывная сеть из ДШ; 2 — детонационные отрезки ДШ; 3 — боевик; 4 — забойка; 5 — сосредоточенный заряд выброса; 6 — морской узел ДШ; 7 — шурф; 8 — зарядная камера; 9 — электродетонаторы

4. Радиус сферы сжатия грунта находим по формуле (VIII. 6)

$$R_{c.c} = 0,062 \sqrt[3]{UQ_B} R_{c.c} = 0,062 \sqrt[3]{10 \cdot 26880} = 3,9 \text{ м.}$$

5. Так как $n > 2$, то глубина выемки определяется по формуле (VIII. 5). Находим глубину выемки

$$H_B = W + R_{c.c} = 12 + 3,9 = 15,9 \text{ м.}$$

6. Определяем расстояние между зарядами выброса

$$a = 0,5W(n + 1) = 0,5 \cdot 12 \cdot (2,5 + 1) = 21 \text{ м.}$$

7. Определяем число зарядов

$$N = L_B / a = 525 / 21 = 25, \quad (\text{VIII. 19})$$

где L_B — длина выемки, образуемой взрывом на выброс, м.

При расчете числа зарядов торцевое действие двух крайних зарядов не учитывается.

8. Определяем общую массу зарядов выброса

$$Q_{\text{общ}} = Q_B N = 26880 \cdot 25 = 672000 \text{ кг.}$$

Пример 85. Определить расход ВВ и средств взрывания на образование водоотводной канавы взрывом на выброс по следующим данным: длина канавы $L_B = 900$ м, ширина канавы по верху $B = 12$ м, глубина канавы $H = 3$ м. Удельный расход ВВ для нормального выброса $q_H = 1,3$ кг/м³. Взрывание электрическое от разрывного прибора ВМК-500, $R_M = 80$ Ом, $r_C = r_Y = 0,12$ Ом/м; $r_3 = 5,6$ Ом, $l_3 = 4$ м.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения зарядов (см. рис. 49).

2. Принимая $W = H_B$, определяем показатель действия взрыва

$$n = B/(2W) = 12/(2 \cdot 3) = 2.$$

3. Проверяем полученную глубину канавы по формуле (VIII. 4)

$$H_B = 0,33W(2n - 1) = 0,33 \cdot 3(2 \cdot 2 - 1) \approx 3 \text{ м},$$

что удовлетворяет требованиям задания.

4. По формуле (VIII. 9) определяем массу сосредоточенного заряда выброса ($A = 3,1 - 2 = 1,1$)

$$Q_B = q_H W^3 (An^3 - An^2 + 1) = 1,3 \cdot 3^3 (1,1 \cdot 2^3 - 1,1 \cdot 2^2 + 1) = 189,54 \approx 190 \text{ кг}.$$

5. Находим по формуле (VIII. 13) расстояние между зарядами в ряду

$$a = 0,5W(n + 1) = 0,5 \cdot 3(2 + 1) = 4,5 \text{ м}.$$

6. Находим число зарядов в ряду

$$N = L_B/a = 900/4,5 = 200.$$

7. Определяем общую массу зарядов выброса

$$Q_{\text{общ}} = Q_B N = 190 \cdot 200 = 38000 \text{ кг}.$$

8. Составляем принципиальную схему электровзрывной сети для последовательного соединения электродетонаторов (рис. 11).

9. Определяем длину участковых проводов

$$l_Y = 1,1aN = 1,1 \cdot 4,5 \cdot 200 = 990 \text{ м}.$$

10. Определяем длину соединительных проводов

$$l_C = 1,2aN = 1,2 \cdot 4,5 \cdot 200 = 1080 \text{ м}.$$

11. Учитывая небольшую глубину заложения зарядов при $W = 3$ м и длину проводов электродетонаторов, $l_3 = 4$ м, концевые провода не используют. Следовательно, сопротивление боевика $R_B = r_3 = 5,6$ Ом.

12. Определяем общее сопротивление электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_M + R_C + R_Y + R_B N = 8 + 1080 \cdot 0,12 +$$

$$+ 990 \cdot 0,12 + 5,6 \cdot 200 \approx 1376 \text{ Ом.}$$

13. Проверим возможность взрывания зарядов на выброс от прибора ВМК-500, имеющей $R_n = 2000 \text{ Ом}$.

$$R_n = 2000 \text{ Ом} > R_{\text{общ}} = 1376 \text{ Ом.}$$

Взрывание двухсот зарядов от машинки ВМК-500 возможно.

14. Расход взрывчатых материалов на взрыв: ВВ 38000 кг, электродетонаторов 200.

Задача 199. Определить показатель действия взрыва, если при взрыве сосредоточенного заряда выброса образуется воронка диаметром 22 м при величине ЛНС 6 м.

Задача 200. Площадь воронки выброса на уровне поверхности земли составляет $28,3 \text{ м}^2$. Определить показатель действия взрыва, если ЛНС сосредоточенного заряда выброса 2,5 м.

Задача 201. Сосредоточенный камерный заряд расположен на глубине 16 м. Высота заряда 2,6 м. Расчетный радиус воронки выброса 27 м. Определить значения W и n .

Задача 202. Центр котлового заряда выброса располагается на глубине 10 м. Определить массу сосредоточенного заряда выброса и значение показателя действия взрыва, если коэффициент $A = 1,35$, $q_n = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Задача 203. Определить удельный расход ВВ для нормального выброса, если при взрыве сосредоточенного заряда $Q_v = 3456 \text{ кг}$ образовалась воронка $D_v = 32 \text{ м}$, а значение $f(n) = 5,4$ при $A = 1,1$.

Задача 204. Определить ширину, длину и глубину канала, полученного при взрыве 12 сосредоточенных зарядов выброса, имеющих $n = 2,75$, $W = 9 \text{ м}$, $q_n = 1,6 \text{ кг/м}^3$. Взрываемые тяжелые глины имеют $\alpha = 0,33$.

Задача 205. Определить массу сосредоточенного заряда выброса для образования воронки глубиной 7,4 м, диаметром по верху 30,4 м. Удельный расход аммонита 6 ЖВ для зарядов нормального выброса $1,7 \text{ кг/м}^3$, коэффициент $A = 1,2$.

Задача 206. В породах III категории крепости требуется образовать взрывом на выброс канаву глубиной 2,5 м, длиной 750 м, шириной по верху 10 м. Определить общий расход ВВ на образование канавы при $q_n = 1,4 \text{ кг/м}^3$ и $A = 1,1$.

Задача 207. При взрыве сосредоточенного заряда массой 877 кг образовалась воронка выброса глубиной 3,96 м при $W = 6 \text{ м}$. Определить значения показателя действия взрыва и его функции, если $q_n = 1,45 \text{ кг/м}^3$, $\alpha = 0,33$.

Задача 208. Определить показатель действия взрыва и массу сосредоточенного заряда выброса при ширине образуемой выемки 162 м, если $W = 54 \text{ м}$; $q_n = 1,56 \text{ кг/м}^3$.

Задача 209. При взрыве серии сосредоточенных зарядов образована

выемка шириной 30 м, глубиной 6,6 м, длиной 375 м. Высота навала пород 4 м. Определить значение ЛНС, общую массу зарядов, если $n = 1,5$, $q_n = 1,5 \text{ кг/м}^3$.

Задача 210. При взрыве сосредоточенного заряда массой $Q_B = 180 \text{ кг}$ образована воронка объемом 60 м^3 . Определить фактический расход ВВ на 1 м^3 выброса $q_{\text{ф}}$ и q_n при $W = 3,5 \text{ м}$ и $f(n) = 3,61$.

Задача 211. Определить массу сосредоточенного заряда на сброс, если известны величины: $W = 16 \text{ м}$, $n = 1,6$, $q_n = 1,65 \text{ кг/м}^3$. Поверхность косогора имеет наклон 36° .

§ 26. Расчет удлиненных горизонтальных зарядов выброса

Для образования профильных выемок на выброс используют удлиненные горизонтальные заряды, расположенные в зарядных траншеях, штольнях и специальных зарядных выработках (рис. 50). Для расчета параметров удлиненных (шнуровых) зарядов выброса используют формулы (VIII. 20) – (VIII. 25).

Массу удлиненного горизонтального заряда выброса определяют по формулам В.И. Гущина.

Масса заряда на 1 м выемки

$$C_B = q_n W^2 (n^2 + 0,4n - 0,4). \quad (\text{VIII. 20})$$

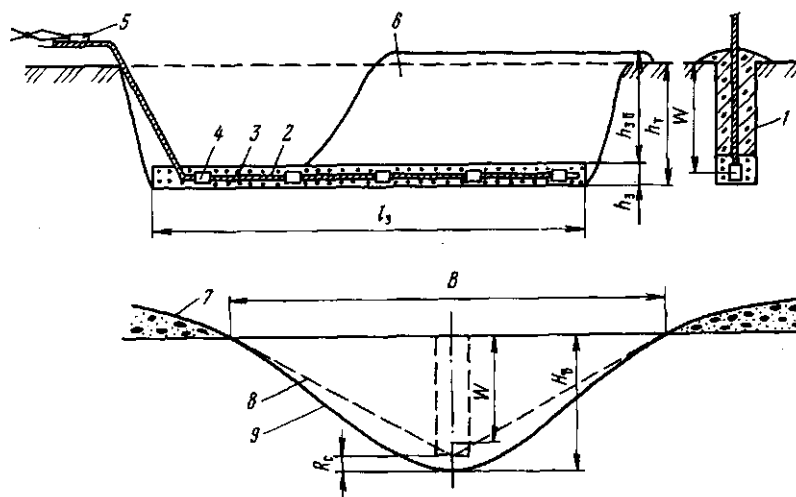


Рис. 50. Схема размещения удлиненного горизонтального заряда выброса:

1 – зарядная траншея; 2 – врывная сеть из ДШ; 3 – удлиненный горизонтальный заряд выброса; 4 – шашка-детонатор; 5 – электродетонатор; 6 – забойка; 7 – навал выброшенных пород; 8 – проектный профиль выемки; 9 – фактический профиль выемки; h_T – глубина зарядной траншеи; H – фактическая глубина выемки; W – ЛНС; $h_{зб}$ – высота забойки; R_c – радиус сжатия; h_3 – высота заряда; l_3 – длина заряда; B – ширина канавы по верху

Общая масса удлиненного горизонтального заряда

$$Q_y = q_n W^2 (n^2 + 0,4n - 0,4) K_{з.б'} I_з = C_B K_{з.б'} I_з, \quad (\text{VIII. 21})$$

где $I_з$ — длина заряда, м; $K_{з.б'}$ — коэффициент забойки.

Для зарядных штолен и штреков $K_{з.б'} = 1$; для траншей без забойки и без воды $K_{з.б'} = 1,05 \div 1,20$. Нижний предел — для хорошо сжимаемых грунтов (торф, мягкие глины), верхний — для крепких скальных пород.

Для обводненных траншей с грунтовой забойкой $K_{з.б'} = 1 \div 1,10$. Нижний предел для хорошо сжимаемых грунтов при полной забойке или обводненности траншеи, верхний — для скальных пород с частичной забойкой.

Видимая глубина выемки при $n > 2,5$

$$H_B = W + a_n \sqrt{C_B}, \quad (\text{VIII. 22})$$

где C_B — масса удлиненного заряда на 1 м выемки, кг; a_n — коэффициент пропорциональности сжатия грунтов. Для скальных грунтов $a_n = 0,3 \div 0,4$; для глинистых и суглинистых грунтов $a_n = 0,4 \div 0,45$; для торфов в зависимости от плотности $a_n = 0,4 \div 0,5$. Для полускальных грунтов $a_n = 0,15 \div 0,25$, H_B — видимая глубина выемки, м.

При $n < 2,5$ видимая глубина выемки определяется по формуле (VIII. 4).

Диаметр удлиненного горизонтального заряда

$$D_{г.з} = \sqrt{\frac{4C_B}{\pi\Delta}}, \quad (\text{VIII. 23})$$

где C_B — масса 1 м удлиненного заряда, кг; Δ — плотность заряжения, кг/м³.

При $n > 2,5$

$$W = H_B - R_{сж}, \quad (\text{VIII. 24})$$

где $R_{сж}$ — радиус сжатия грунтов при взрыве горизонтального заряда выброса, м,

$$R_{сж} = a_n \sqrt{C_B}. \quad (\text{VIII. 25})$$

При $n < 2,5$

$$W = \frac{3H_B}{2n-1}. \quad (\text{VIII. 26})$$

Пример 86. Определить общую массу удлиненного горизонтального заряда для образования канала длиной 400 м, глубиной $H_B = 4$ м, шириной по верху $B = 16$ м в глинистых грунтах. Удлиненный заряд располагается в зарядной обводненной траншее и имеет $K_{з.б'} = 1,05$. Удельный расход ВВ $q_n = 1,4$ кг/м³.

Решение. 1. Составляем схему расположения удлиненного горизонтального заряда выброса (см. рис. 50).

2. Принимая $W = H_B$ по формуле (VIII. 18) находим значение

$$n = B / (2W) = \frac{16}{(2 \cdot 4)} = 2.$$

3. Проверяем правильность найденных значений n и W расчетом глубины канала

$$H_B = 0,33W(2n - 1) = 0,33 \cdot 4(2 \cdot 2 - 1) \approx 4 \text{ м.}$$

Найденные значения n и W удовлетворяют заданной глубине канала.

4. По формуле (VIII. 20) находим массу заряда на 1 м канала

$$C_B = q_H W^2 (n^2 + 0,4n - 0,4) = 1,4 \cdot 4^2 (2^2 + 0,4 \cdot 2 - 0,4) = \\ = 98,6 \text{ кг.}$$

5. По формуле (VIII. 21) определяем общую массу удлиненного горизонтального заряда.

$$Q_Y = C_B K_{збз} l = 98,6 \cdot 1,05 \cdot 400 = 41412 \text{ кг.}$$

Пример 87. Удлиненный горизонтальный цилиндрический заряд выброса образует при взрыве канал шириной поверху $B = 10,8$ м при $q_H = 1,6$ кг/м³, $W = 3,6$ м. Определить видимую глубину канала и диаметр заряда при $\Delta = 0,9$ кг/дм³.

Решение. 1. Составляем схему расположения удлиненного заряда выброса (см. рис. 50).

2. По формуле (VIII. 18) находим показатель действия взрыва

$$n = B / (2W) = 10,8 / (2 \cdot 3,6) = 1,5.$$

3. Находим видимую глубину канала

$$H_B = 0,33W(2n - 1) = 0,33 \cdot 3,6(2 \cdot 1,5 - 1) = 2,4 \text{ м.}$$

4. Находим массу удлиненного горизонтального заряда выброса на 1 м

$$C_B = q_H W^2 (n^2 + 0,4n - 0,4) = 1,6 \cdot 3,6^2 (1,5^2 + 0,4 \cdot 1,5 - 0,4) = \\ = 50,8 \text{ кг.}$$

5. Определяем диаметр удлиненного заряда выброса

$$D_{г.з} = \sqrt{\frac{4C_B}{\pi \Delta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50,8}{3,14 \cdot 900}} = 268 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_{г.з} = 270$ мм.

Задача 212. Определить видимую глубину канала, образованного взрывом удлиненного горизонтального заряда выброса. Ширина канала по верху 30 м, $W = 5$ м, $\alpha_n = 0,15$, $q_n = 1,7$ кг/м³.

Задача 213. Взрывом удлиненного горизонтального заряда, расположенного в штольне, необходимо образовать канал глубиной 12 м при $W = 14$ м. Определить показатель действия взрыва и ширину канала по верху.

Задача 214. Определить массу 1 м удлиненного заряда выброса, если известно, что при $l = 2,25$ и $q_n = 1,65$ кг/м³ образуется канал шириной по верху 36 м.

Задача 215. Канал длиной 1200 м образуется взрывом удлиненного горизонтального заряда выброса, расположенного в штольне. Заданная глубина заложения заряда $W = 6$ м, ширина канала по верху $B = 24$ м. Удельный расход ВВ $q_n = 1,8$ кг/м³. Определить общую массу заряда выброса.

Задача 216. Определить массу 1 м удлиненного горизонтального заряда выброса, если при взрыве в грунтах, имеющих $\alpha_n = 0,2$, образуется канал глубиной 6 м при $W = 3,6$ м.

Задача 217. Для образования канала длиной 600 м общая масса удлиненного горизонтального заряда выброса составляет 150 т, плотность заряда 0,85 кг/дм³. Определить диаметр удлиненного горизонтального заряда выброса.

Глава IX

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАРЯДОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ЗАРЯДНЫХ КАМЕР

Для расчета параметров зарядов при проходке горных выработок в задачнике использованы следующие формулы.

При взрывании аммонитом скальным № 1 или детонитом число шпуров диаметром 32 мм на взрываемую площадь забоя определяется по формуле

$$N_{ш} = 2,7 \sqrt{f S_{36}} \quad (\text{IX. 1})$$

где S_{36} — площадь взрываемого забоя, м²; f — коэффициент крепости породы по шкале проф. М.М. Протодяконова.

При использовании шпуров диаметром менее или более 32 мм в формулу (IX. 1) вводится поправка $\sqrt{32/d}$.

Число шпуров для любого диаметра шпуров и вида ВВ

$$N_{ш} = 2,7 K_n \sqrt{f S_{36}} \sqrt{32/d}, \quad (\text{IX. 2})$$

где d — диаметр заряда, мм; K_n — коэффициент для патронированных ВВ, его значения приведены ниже:

Аммонит скальный № 1	1	Динафталит-200	1,25
Детонит М	1	Аммонит АП-5ЖВ	1,27
Аммонал М-10	1	Аммонит ПЖВ-20	1,45
Аммонит БЖВ	1,1	Аммонал скальный № 3	1

Общий расход ВВ на взрывание всего забоя

$$Q_{зб} = qS_{зб}L_{зх} \quad (IX. 3)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³; $L_{зх}$ — глубина заходки за один взрыв, м.

Глубина заложения отбойных шпуров

$$l_{о.з} = L_{зх}/\eta, \quad (IX. 4)$$

где $\eta = 0,75 \div 0,95$ — коэффициент использования шпуров (КИШ).

Общий расход ВВ на взрывание всего забоя может быть определен также по формуле

$$Q_{зб} = qS_{зб}l_{о.ш}\eta, \quad (IX. 5)$$

$$\eta = (l_{о.ш} - l_{ст})/l_{о.ш}, \quad (IX. 6)$$

где $l_{ст}$ — глубина невзорвавшейся части шпура (стакана), м; $l_{о.ш}$ — глубина отбойных шпуров.

Массу заряда в шпуре определяют по следующим формулам:

$$Q_{ш} = 0,785d^2\Delta l_3, \quad (IX. 7)$$

$$Q_{ш} = \rho' l_3, \quad (IX. 8)$$

где Δ — плотность заряжания, кг/дм³; l_3 — длина заряда в шпуре, дм; ρ' — вместимость 1 м шпура, кг.

Масса заряда ВВ во врубовых шпурах

$$Q'_{в.ш} = N_{в.ш} Q_v, \quad (IX. 9)$$

где $N_{в.ш}$ — число врубовых шпуров; Q_v — масса заряда в одном врубовом шпуре, кг.

Масса ВВ в отбойных шпурах

$$Q'_{о.ш} = N_{о.ш} Q_o, \quad (IX. 10)$$

где Q_o — масса заряда в одном отбойном шпуре, кг.

Для контрольных расчетов пользуются формулой

$$Q_{зб} = Q'_{в.ш} + Q'_{о.ш} \quad (IX. 11)$$

Значения $Q_{зб}$, определенные по формулам (IX. 3), (IX. 5) и (IX. 11), должны быть идентичны.

Глубина отбойных шпуров

$$l_{\text{о.ш}} = (0,5 \div 0,9) B. \quad (\text{IX. 12})$$

Глубина заложения врубовых шпуров

$$l_{\text{в.ш}} = (1,1 \div 1,2) l_{\text{о.ш}} \quad (\text{IX. 13})$$

при среднем значении для расчетов в задачах $l_{\text{в.ш}} = 1,15 l_{\text{о.ш}}$.
Фактический удельный расход ВВ

$$q_{\text{ф}} = \frac{Q_{36}}{S_{36} l_{\text{о.ш}} \eta} \quad (\text{IX. 14})$$

Длина заряда в шпуре в зависимости от крепости пород и диаметра заряда

$$l_{\text{з.ш}} = (0,40 \div 0,75) l_{\text{ш}} \quad (\text{IX. 15})$$

Нижний предел для шпуров $d > 42$ мм в породах крепостью $f < 8$, верхний для крепких пород при диаметре патронов 32 – 36 мм. Обычно $l_{\text{з.ш}} = 0,7 l_{\text{ш}}$.

Число врубовых шпуров зависит от типа принятого вруба и сечения выработки. В зависимости от крепости пород и диаметра врубовых шпуров расстояние между ними составляет 0,2 – 0,6 м.

После определения числа врубовых зарядов число отбойных шпуров определяется по формуле

$$N_{\text{о.ш}} = N_{\text{ш}} - N_{\text{в.ш}} \quad (\text{IX. 16})$$

Массу заряда в отбойном шпуре можно определить по формуле

$$Q_{\text{о.ш}} = \frac{Q_{36} - Q_{\text{в.ш}}}{N_{\text{о.ш}}} \quad (\text{IX. 17})$$

Длина наклонных шпуров

$$l_{\text{н.ш}} = \frac{l_{\text{г.з}}}{\sin \alpha} \quad (\text{IX. 18})$$

где $l_{\text{г.з}}$ – глубина заложения шпура по перпендикуляру к поверхности забоя, м; $\alpha = 55 - 85^\circ$ – угол наклона шпура.

Общий объем буровых работ в забое

$$L_{\text{б.з}} = N_{\text{в.ш}} l'_{\text{в.ш}} + N_{\text{о.ш}} l_{\text{о.ш}} \quad (\text{IX. 19})$$

где $l_{\text{в.ш}}$ – длина врубовых шпуров, м; $l_{\text{о.ш}}$ – длина отбойных шпуров, м.

Удельный объем буровых работ на 1 м^3 взорванной породы

$$l_{\text{у.б}} = L_{\text{б.з}} / V_{\text{з}} \quad (\text{IX. 20})$$

Объем взорванной породы на одну заходку

$$V_3 = S_{36} l_{o.ш} \eta, \quad (IX. 21)$$

где $l_{o.ш}$ — глубина заложения отбойных шпуров, м.

Наиболее распространенными являются клиновой, пирамидальный, призматический и щелевой врубы.

Пример 88. При проходе шурфа в андезитах, имеющих крепость по шкале проф. М.М. Протодяконова $f = 12$, применяется пирамидальный вруб. Сечение шурфа в черне $1,2 \cdot 1,2$ м. Шпур $d = 36$ мм взрывают аммонитом БЖВ. Плотность заряжения $\Delta = 0,8$ кг/дм³; КИШ $\eta = 0,88$, глубина отбойных шпуров равна 0,75 ширины шурфа. Определить число и глубину взрывааемых шпуров, общую массу зарядов на забой, массу зарядов во врубовых и отбойных шпурах, общий и удельный объем буровых работ, если углы наклона шпуров: врубовых $\alpha = 65^\circ$, отбойных $\alpha = 85^\circ$, удельный расход ВВ $q = 4,4$ кг/м³.

Решение. 1. Составляем схему расположения шпуров в забое с пирамидальным врубом (рис. 51, а).

2. Определяем число шпуров в забое

$$N_{ш} = 2,7 K_n \sqrt{f S_{36}} \sqrt{32/d} = 2,7 \cdot 1,1 \sqrt{12 \cdot 1,44} \sqrt{32/36} = 12.$$

3. Находим глубину заложения отбойных шпуров

$$l_{o.ш} = 0,75 \cdot 1,2 = 0,9 \text{ м.}$$

4. Определяем глубину заложения врубовых шпуров

$$l_{в.ш} = 1,15 l_{o.ш} = 1,15 \cdot 0,9 = 1,035 \text{ м.}$$

Принимаем $l_{в.ш} = 1,04$ м.

5. Определяем общую массу заряда на забой

$$Q_{36} = q S_{36} Q_{o.ш} \eta = 4,4 \cdot 1,44 \cdot 0,9 \cdot 0,88 = 5,01 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q_{36} = 5$ кг.

6. По схеме расположения шпуров число врубовых шпуров $N_{в.ш} = 4$. Число отбойных шпуров

$$N_{o.ш} = N_{ш} - N_{в.ш} = 12 - 4 = 8.$$

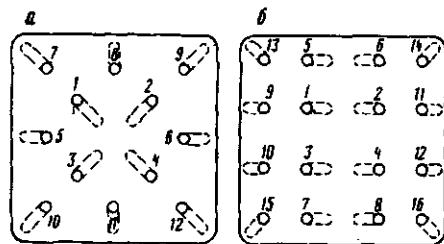


Рис. 51. Схема расположения шпуров в пирамидальном (а) и вертикальном клиновом (б) врубах:

а: 1-4 — врубовые шпуров; 5-12 — отбойные шпуров; б: 1-8 — врубовые шпуров; 9-16 — отбойные шпуров

7. Массу заряда в шпурах можно определить по вместимости или путем деления общей массы заряда на число шпуров. При этом, масса зарядов во врубовых шпурах принимается на 15 % больше, чем в отбойных.

В данном примере масса заряда в отбойных шпурах

$$Q_{o.ш} = \frac{Q_{зб}}{N_{o.ш} + 1,15 N_{в.ш}} = \frac{5}{8 + 1,15 \cdot 4} = 0,397 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q_{o.ш} = 0,4$ кг.

Масса заряда во врубовом шпуре

$$Q_{в.ш} = 1,15 Q_{o.ш} = 0,4 \cdot 1,15 = 0,46 \text{ кг.}$$

8. Определяем массу ВВ в отбойных и во врубовых шпурах

$$Q'_{в.ш} = N_{в.ш} Q_{в.ш} = 4 \cdot 0,46 = 1,84 \text{ кг;}$$

$$Q'_{o.ш} = N_{o.ш} Q_{o.ш} = 8 \cdot 0,4 = 3,2 \text{ кг.}$$

9. Выполняем контрольный расчет общей массы заряда на забой

$$Q_{зб} = Q_{в.ш} + Q'_{o.ш} = 1,84 + 3,2 = 5,04 \text{ кг.}$$

10. Определяем длину врубовых и отбойных шпуров

$$l'_{в.ш} = l_{в.ш} / \sin \alpha = 1,04 / 0,906 = 1,15 \text{ м;}$$

$$l'_{o.ш} = l_{o.ш} / \sin \alpha = 0,9 / 0,996 = 0,91 \text{ м.}$$

11. Находим общий объем буровых работ на заходку

$$L_{зх} = N_{в.ш} l'_{в.ш} + N_{o.ш} l'_{o.ш} = 4 \cdot 1,15 + 8 \cdot 0,91 = 11,88 \text{ м.}$$

12. Находим объем взорванной породы

$$V_з = S_{зб} l'_{o.ш} \eta = 1,44 \cdot 0,9 \cdot 0,88 = 1,14 \text{ м}^3.$$

13. Определяем удельный объем буровых работ

$$l_{y.б} = L_{зх} / V_з = 11,88 / 1,14 = 10,4 \text{ м/м}^3.$$

Пример 89. Штольню площадью сечения $3,2 \text{ м}^2$ проходят в кварцитах крепостью по шкале проф. М.М. Протоdjяконова $f = 13$. Шпуры $d = 36$ мм взрывают аммоналом скальным № 3. Глубина заходки за один взрыв $L_{зх} = 1,4$ м, длина заряда во врубовых и отбойных шпурах $l_з = 0,7$ м, плотность заряжания $\Delta = 1 \text{ кг/дм}^3$, КИШ $\eta = 0,85$.

При расположении шпуров используется вертикальный клиновый вруб, угол наклона врубовых шпуров $\alpha = 60^\circ$. Определить удельный расход бурения и ВВ.

1. Определяем число шпуров

$$N_{\text{ш}} = 2,7K_n \sqrt{fS_{\text{зб}}} \sqrt{32/d} = 2,7 \cdot 1 \sqrt{13 \cdot 3,2} \sqrt{32/36} = 16,4.$$

Принимаем $N_{\text{ш}} = 16$ шт.

2. Составляем схему расположения шпуров в забое (рис. 51, б).

3. Находим глубину заложения отбойных шпуров

$$l_{\text{о.ш}} = L_{\text{зх}}/\eta = 1,4/0,85 = 1,65 \text{ м.}$$

4. Глубина заложения врубовых шпуров

$$l_{\text{в.ш}} = 1,15 l_{\text{о.ш}} = 1,15 \cdot 1,65 = 1,9 \text{ м.}$$

5. Из схемы расположения шпуров видно, что число врубовых шпуров 8, число отбойных шпуров

$$N_{\text{о.ш}} = N_{\text{ш}} - N_{\text{в.ш}} = 16 - 8 = 8.$$

6. Определяем массу заряда в отбойных и врубовых шпурах

$$Q_{\text{о.ш}} = 0,785d^2 \Delta 0,7 l_{\text{о.ш}} = 0,785 \cdot 0,36^2 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,65 \approx 1,15 \text{ кг.}$$

$$Q_{\text{в.ш}} = 0,785 \cdot 0,36^2 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,9 = 1,33 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q_{\text{в.ш}} = 1,35$ кг.

7. Находим общую массу зарядов ВВ на заходку

$$Q_{\text{зб}} = N_{\text{в.ш}} Q_{\text{в.ш}} + N_{\text{о.ш}} Q_{\text{о.ш}} = 8 \cdot 1,35 + 8 \cdot 1,15 = 20 \text{ кг.}$$

8. Фактический удельный расход ВВ

$$q_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{зб}}}{S_{\text{зб}} l_{\text{о.ш}} \eta} = \frac{20}{3,2 \cdot 1,65 \cdot 0,85} = 4,46 \text{ кг/м}^3.$$

9. Определяем общий объем буровых работ. При глубине заложения врубовых шпуров $l_{\text{в.ш}} = 1,9$ м и угле наклона $\alpha = 60^\circ$ их глубина

$$l_{\text{в.ш}} = l_{\text{в.ш}}/\sin \alpha = 1,9/\sin 60^\circ = 1,9/0,866 = 2,2 \text{ м.}$$

$$L_{\text{зх}} = 8 \cdot 2,2 + 8 \cdot 1,65 = 30,8 \text{ м.}$$

10. Объем взорванной породы на заходку

$$V_{\text{з}} = S_{\text{зб}} l_{\text{о.ш}} \eta = 3,2 \cdot 1,65 \cdot 0,85 = 4,5 \text{ м}^3.$$

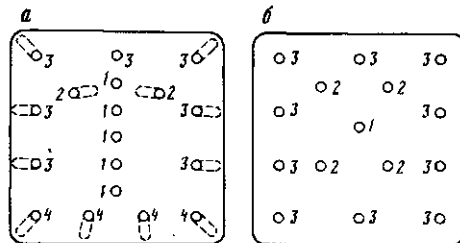
11. Удельный объем буровых работ

$$l_{\text{у.б}} = L_{\text{зх}}/V_{\text{з}} = 30,8/4,5 = 6,85 \text{ м/м}^3.$$

Задача 218. При проходке шурфа в гранодиоритах, имеющих крепость по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова $f = 10$, используется пирамидальный вруб. Сечение шурфа вчерне $1,4 \cdot 1,6$ м. Взрывание шпу-

Рис. 52. Схема расположения шпуров в щелевом (а) и призматическом (б) врубах:

1, 2 – врубовые шпуров; 3, 4 – отбойные шпуров



ров диаметром 42 мм осуществляется аммонитом 6ЖВ. Плотность заряжения 0,75 кг/дм³. КИШ = 0,82, глубина отбойных шпуров равна 0,8 ширины шурфа. Определить число шпуров, общую массу зарядов на забой, массу зарядов во врубовых и отбойных шпурах, общий и удельный объем буровых работ, если угол наклона врубовых шпуров $\alpha = 63^\circ$, отбойных $\alpha = 85^\circ$, а удельный расход ВВ 4,2 кг/м³.

Задача 219. Шурф сечением 1,2 · 1,4 м проходят в песчаниках имеющих крепость $f = 8$ по шкале проф. М.М. Протодряконова. При размещении шпуров в забое используется щелевой вруб (рис. 52, а).

Шпуров диаметром 42 мм взрывают аммонитом АП-5ЖВ; $\Delta = 0,8$ кг/дм³, $l_3 = 0,75/_{ш}$. Глубина заложения врубовых шпуров 1,15 м, КИШ = 0,8. Составить схему расположения шпуров, если врубовых из них 3, определить общий расход ВВ на общий объем буровых работ.

Задача 220. Для проходки шурфа площадью сечения 2,9 м² в порфиритах с крепостью $f = 16$ по шкале проф. М.М. Протодряконова используется схема расположения шпуров с призматическим врубом. Глубина заходки за один взрыв 1,28 м, КИШ отбойных шпуров $\eta = 0,8$. Длина зарядов детонита М в шпурах диаметром 42 мм составляет 0,6/_{ш}. Плотность заряжения 0,8 кг/дм³. Число врубовых шпуров 6. Определить удельный расход ВВ и удельный объем буровых работ.

Задача 221. При проведении штрека площадью сечения 5,4 м² в породах крепостью $f = 15$ используется схема расположения шпуров с вертикальным клиновым врубом. Угол наклона десяти врубовых шпуров 60°. Уход забоя за один взрыв составляет 1,8 м при КИШ отбойных шпуров 0,84; $l_3 = 0,67/_{ш}$ $d = 46$ мм плотность заряжения 0,8 кг/дм³. Для взрывания используют аммонит 6ЖВ. Определить объем буровых работ, взрываеваемой породы за одну заходку и общий расход аммонита 6ЖВ.

Задача 222. Зарядную камеру сечением 4 · 6 м проходят в породах крепостью $f = 12$. Для расположения шпуров используется схема с вертикальным клиновым врубом. Угол наклона врубовых шпуров 62°, число шпуров 14. Глубина заложения отбойных шпуров диаметром 46 мм $l_{о,ш} = 3,2$ м, $\eta = 0,94$. Плотность заряжения аммонитом 6ЖВ в шпуре 0,83 кг/м³, $l_3 = 0,6/_{ш}$. Общая длина зарядной камеры 48 м.

Составить схему расположения шпуров, определить общий объем буровых работ, расход аммонита 6ЖВ на проходку зарядной камеры.

Задача 223. При проходке зарядной камеры площадью сечения

16 м² в плотных известняках, имеющих крепость по шкале М.М. Протодьяконова $f = 10$, удельный расход аммонита БЖВ составляет 3 кг/м³. Забой взрывают с использованием вертикального клинового вруба. При угле наклона врубовых шпуров 65° их длина составляет 3,4 м. Составить схему расположения шпуров в забое и определить общий расход аммонита БЖВ на всю проходку зарядной камеры при ее длине 26 м и КИШ отбойных шпуров $\eta = 0,90$ и найти длину отбойных шпуров.

Глава X

РАСЧЕТ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

При производстве взрывных работ возможно поражение людей и механизмов вследствие разлета кусков породы, действия воздушной ударной волны и сейсмических колебаний.

Для предохранения людей, машин и сооружения от поражения взрывом устанавливают границы опасной зоны. Расстояние от крайней точки взрыва до границ опасной зоны называется радиусом опасной зоны.

§ 27. Расчет радиуса опасной зоны по разлету кусков породы

Радиус опасных зон по разлету кусков породы при взрывании на выброс определяют следующим образом. Из всех взрываемых зарядов на выброс выбираются заряды, имеющие наибольшее значение ЛНС и наибольшее значение показателя действия взрыва. По выбранным данным по табл. 11 находят величины радиусов опасных зон. Для расчета принимается наибольшее значение радиуса опасной зоны для людей и механизмов.

Радиус опасной зоны по разлету кусков для зарядов рыхления определяется следующим образом. Из всех значений ЛНС выбирается максимальное W_{\max} . По формуле находят условное значение W_y ЛНС, равное W условного заряда нормального выброса, $n = 1$.

$$W_y = 5W_{\max}/7. \quad (X. 1)$$

По полученному значению условной ЛНС по табл. 11 в графе с $n = 1$ находят значения радиуса опасной зоны.

При взрывании зарядов рыхления или выброса с укороченной забойкой радиус опасных зон по разлету кусков породы увеличивают на 20 %.

Пример 90. При взрывании скважинных зарядов рыхления в карьере значение ЛНС составляет 6; 6,5; 7; 7,5 и 8 м. Заряды взрываются с укороченной забойкой. Определить радиус опасной зоны для людей и механизмов по действию осколков породы.

Таблица 11

ЛНС W_y , м	Радиус опасной зоны (м) в зависимости от n							
	1	1,5	2	2,5-3	1	1,5	2	2,5-3
	Для людей r_n				Для механизмов $r_{мех}$			
1,5	200	300	350	400	100	150	250	300
2	200	400	500	600	100	200	350	400
4	300	500	700	800	150	250	500	550
6	300	600	800	1000	150	300	550	650
8	400	600	800	1000	200	300	600	700
10	500	700	900	1000	250	400	600	700
12	500	700	900	1200	250	400	700	800
15	600	800	1000	1200	300	400	700	800
20	700	800	1200	1500	350	400	800	1000
25	800	1000	1500	1800	400	500	900	1000
30	800	1000	1700	2000	400	500	1000	1200

Примечание. При взрывах на косогорах с крутизной более 30° , и при превышении места взрыва над окружающей местностью более 30 м радиус опасной зоны по разлету кусков породы в сторону уклона косогора увеличивается в 1,5 раза.

Решение. 1. По выбранному максимальному значению ЛНС 8 м по формуле (X. 1) находим значение условной ЛНС для заряда нормального выброса

$$W_y = 5W_{\max}/7 = 5 \cdot 8/7 = 5,7 \text{ м.}$$

Принимаем $W_y = 6 \text{ м.}$

По табл. 11 находим значения радиусов опасной зоны при $W_y = 6 \text{ м.}$; для людей $r_n = 300 \text{ м.}$, для механизмов $r_{\text{мех}} = 150 \text{ м.}$

2. В связи с тем, что заряды взрывают с укороченной забойкой, найденные значения радиусов опасной зоны для людей и механизмов увеличиваются на 20%.

Для людей $r_n = 300 \cdot 1,2 = 360 \text{ м.}$; для механизмов $r_{\text{мех}} = 150 \cdot 1,2 = 180 \text{ м.}$

§ 28. Определение сейсмобезопасных расстояний

Сейсмически безопасные расстояния от места взрыва до объекта при мгновенном взрывании сосредоточенных зарядов определяют по формуле

$$r_c = K_c \alpha_c \sqrt[3]{\sigma}, \quad (\text{X. 2})$$

где K_c — коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охра-

няемых сооружений; α_0 — коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва; Q — полная масса заряда, кг.

Значения коэффициента K_c для расчета сейсмически безопасных расстояний

Скальные породы плотные	3
Скальные породы нарушенные	5
Галечниковые и щебенистые грунты	7
Песчаные грунты	8
Глинистые грунты	9
Насыпные и почвенные грунты	15
Водонасыщенные грунты (плывуны и торфяники)	20

При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах коэффициент K_c следует увеличивать в 1,5 — 2 раза.

Значения коэффициента α_c для расчета сейсмически безопасных расстояний

Показатель действия взрыва n	0,5	1	1,1	1,2	1,3
Значение α_c	1,2	1	0,98	0,96	0,94
Показатель действия взрыва n	1,8	1,9	2		2,1
Значение α_c	0,84	0,82	0,8		0,79
Показатель действия взрыва n	2,6	2,7			2,8
Значение α_c	0,74	0,73			0,72
Показатель действия взрыва n	1,4	1,5	1,6		1,7
Значение α_c	0,92	0,9	0,88		0,86
Показатель действия взрыва n	2,2	2,3	2,4		2,5
Значение α_c	0,78	0,77	0,76		0,75
Показатель действия взрыва n	2,9	3			
Значение α_c	0,71	0,7			

Примечание. При взрыве на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

При заданном расстоянии от места взрыва до охраняемого объекта допустимая масса сосредоточенного заряда

$$Q_d = \frac{r_c^3}{K_c^3 \alpha_c^3} \quad (X. 3)$$

По формулам (X. 2) и (X. 3) определяют сейсмически безопасные расстояния при взрывании одиночных зарядов и серии зарядов, если расстояние от отдельных зарядов до охраняемого объекта отличается не более чем на 10%. Например, при взрывании скважинных зарядов.

При короткозамедленном взрывании в группах допустимая масса заряда

$$Q_{к.з.в} = \frac{2}{3} Q_{м.з.}, \quad (X. 4)$$

где Q_M — предельно допустимая масса зарядов при мгновенном взрывании, кг; z — число групп замедлений во взрывной сети.

При замедлении между группами менее 25 мс предельная суммарная масса заряда

$$Q_{к.з.в} = \frac{2}{3} Q_M z \frac{t_3}{25}, \quad (X. 5)$$

где t_3 — расчетное время замедления между группами взрывных зарядов, мс.

Число групп замедления

$$z = 3Q_{к.з.в} / (2Q_M). \quad (X. 6)$$

Пример 91. При взрывании плотных грунтов используются камерные заряды массой $Q_k = 4$ т. Определить сейсмически безопасное расстояние до здания конторы карьера, если одновременно взрывается 12 камерных зарядов рыхления, расположенных в один ряд параллельно фундаменту здания.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему расположения камерных зарядов и здания (рис. 53).

2. Определяем общую массу камерных зарядов

$$Q_{к.о} = nQ_k = 12 \cdot 4 = 48 \text{ т.}$$

3. Для данных условий взрывания находим значения $K_c = 3$ и $\alpha_c = 1,2$.

Определяем сейсмически безопасное расстояние от места взрыва до здания конторы карьера

$$r_c = K_c \alpha_c \sqrt[3]{Q_{к.о}} = 3 \cdot 1,2 \sqrt[3]{48000} = 131 \text{ м.}$$

Пример 92. В галечниковых обводненных грунтах взрывом на выброс образуют канал. На расстоянии 900 м от места взрыва располагается кирпичный завод.

Определить допустимую суммарную массу сосредоточенных зарядов выброса Q_A , обеспечивающих сейсмически безопасное действие взрыва на завод. Показатель действия взрыва $n = 2,2$.

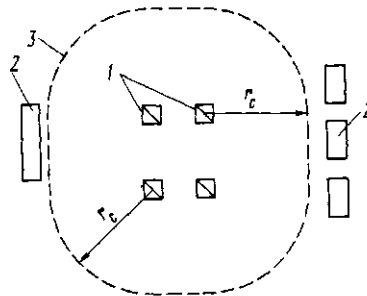


Рис. 53. Схема расположения камерных зарядов и объекта:

1 — камерные заряды ВВ; 2 — здания; 3 — граница сейсмически опасной зоны; r_c — радиус сейсмически опасной зоны

Решение. По формуле (X. 3) находим суммарную массу сосредоточенных зарядов выброса (для $n = 2,2$, $a_c = 0,78$). Для галечниковых грунтов $K_c = 7$. Учитывая их обводненность, значение K_c увеличиваем в 2 раза и для расчета принимаем $K_c = 14$.

$$Q_d = \frac{900^3}{14^3 \cdot 0,78^3} \approx 559834 \text{ кг.}$$

Принимаем $Q_d = 560 \text{ т.}$

Пример 93. В гранитном карьере применяется многорядное короткозамедленное взрывание скважинных зарядов. На расстоянии 320 м от места производства взрывных работ располагается карьерная механическая мастерская. Замедление между группами взрываемых зарядов составляет 35 мс. Число групп зарядов 6. Определить допустимую общую массу зарядов для многорядного короткозамедленного взрывания трещиноватых гранитов.

Решение. 1. По формуле (X. 3) находим допустимую массу заряда при мгновенном взрывании

$$Q_m = \frac{r_c^3}{K_c^3 \cdot a_c^3} = \frac{320^3}{5^3 \cdot 1,2^3} \approx 152000 \text{ кг.}$$

2. Находим по формуле (X. 4) допустимое число ВВ для взрывания на карьере при короткозамедленном взрывании:

$$Q_{к.з.в} = \frac{2}{3} Q_z = \frac{2 \cdot 152000 \cdot 6}{3} = 608000 \text{ кг.}$$

§ 29. Расчет безопасных расстояний по действию воздушной ударной волны

Безопасное расстояние по действию воздушной волны от места взрыва до охраняемого объекта r_B определяется в зависимости от характера расположения зарядов в группе и их массы по следующим формулам:

$$r_B = K_B \sqrt{Q}; \quad (X. 7)$$

$$r_B = K_{B1} \sqrt[3]{Q}, \quad (X. 8)$$

где Q — масса заряда ВВ, кг; K_B — коэффициент пропорциональности при взрывании открытых зарядов массой менее 10 000 кг и углубленных зарядов массой менее 20 000 кг. K_{B1} — то же, для открытых зарядов массой более 10 000 кг и углубленных на всю высоту уступа мас-

сой более 20 000 кг; K_B и K_{B1} — учитывает также характер возможных повреждений. Значения их даны в условиях задач.

Допустимая масса зарядов соответственно определяется по следующим формулам

$$Q_d = r_B^2 / K_B^2; \quad (X. 9)$$

$$Q_{d1} = r_B^3 / K_{B1}^3. \quad (X. 10)$$

По действию воздушной волны на человека

$$r_B = 15 \sqrt[3]{Q}. \quad (X. 11)$$

Пример 94. Определить безопасное расстояние по действию воздушной ударной волны на человека при взрыве наружного заряда массой $Q = 16$ кг.

Решение. По формуле (X. 11) находим минимальное безопасное расстояние по действию воздушной ударной волны на человека:

$$r_B = 15 \sqrt[3]{Q} = 15 \sqrt[3]{16} = 38 \text{ м.}$$

Однако в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах радиус опасной зоны для наружных зарядов должен быть не менее 300 м. Принимаем $r_B = 300$ м.

Задача 224. При рыхлении кварцитов методом камерных зарядов масса заряда в одной камере составляет 8 т. Определить радиус сейсмически опасной зоны r_c при одновременном взрывании 10 камерных зарядов.

Задача 225. Массив плотных суглинков с включением галечника необходимо взорвать на рыхление методом камерных зарядов. Определить допустимую массу камерных зарядов, если известно, что на расстоянии 240 м от места взрыва находится карьерная подстанция.

Задача 226. Канал в глинистых обводненных грунтах образуют взрывом на выброс. На расстоянии 1200 м от места взрыва располагается фабрика. Определить допустимую суммарную массу сосредоточенных зарядов выброса при $K_c = 18$; $n = 2$, обеспечивающих сейсмически безопасное действие взрыва.

Задача 227. При образовании канала в скальных нарушенных породах на выброс $W = 10$ м, $n = 2,8$. Определить радиус опасной зоны по разлету кусков.

Задача 228. Определить безопасное расстояние r_B по действию воздушной ударной волны при взрыве открытого заряда массой 8100 кг и при $K_B = 60$.

Задача 229. Определить допустимую массу заряда, заглубленного на всю свою высоту в грунт, если $K_B = 50$, а расстояние от места взрыва до жилого поселка составляет 3 км.

Задача 230. В железнорудном карьере для рыхления обводненных руд применяется многорядное короткозамедленное взрывание скважин.

ных зарядов. На расстоянии 280 м от места расположения зарядов располагается контора карьера. Замедление между группами взрывае-
мых зарядов составляет 30 мс. Число групп зарядов 3. Определить
допустимую общую массу скважинных зарядов Q_d при взрывании
в данных условиях, если $K_c = 6$.

Задача 231. Определить безопасное расстояние по действию воздуш-
ной волны на человека при взрыве наружного заряда массой 27 кг.

Задача 232. При взрывании зарядов рыхления необходимо вывести
людей и механизмы за пределы опасной зоны. Определить радиус опас-
ной зоны для людей и механизмов в данных условиях взрывания, если
 $W = 14$ м.

Глава XI

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Экономическая эффективность буровзрывных работ определяется
трудовыми и материальными затратами на 1 м^3 взорванной породы
или на 1 т взорванной руды.

Для расчета технико-экономических показателей в СНиПе затраты на
зарплату и материалы даются на 100 м^3 взрываемого грунта в массиве,
в Нормативном справочнике по буровзрывным работам — на 1000 м^3
взрываемого грунта.

В стоимость буровзрывных работ входят: затраты на бурение,
стоимость взрывчатых веществ, средств взрывания, зарплата рабочих,
затраты на эксплуатацию автотранспорта, зарядных и забоечных ма-
шин и т.д.

На стоимость буровзрывных работ существенное влияние оказывают
правильный выбор взрывчатых веществ и средств взрывания, метод
производства и параметры буровзрывных работ.

§ 30. Расчет технико-экономических показателей при выборе взрывчатых веществ

На рыхление 1 м^3 скальных пород любым видом взрывчатых ве-
ществ необходимо затратить определенное количество энергии. Напри-
мер, на взрывание 1 м^3 гранита расходуется 600 г аммонита 6ЖВ или
 $3560 \cdot 0,6 = 2136$ кДж энергии. С учетом более высокой скорости дето-
нации и сильного бризантного действия аммонита скального № 1 потре-
буется меньше, а следовательно, можно уменьшить объем бурения для
его размещения.

Характеристика условий взрывания, рекомендуемые ВВ для взры-
вания и затраты на образование 1 м^3 полости указаны в табл. 12; техни-
ко-экономические показатели взрывчатых веществ — в табл. 13.

Таблица 12

Условия размещения	Породы слабые (затраты на образование полости 70 руб/м ³)	Породы средней крепости (затраты на образование полости 160 руб/м ³)	Породы крепкие и весьма крепкие (затраты на образование полости 250 руб/м ³)
Сухие скважины и котлы или сухая часть обводненных скважин	Гранулит М Игданит Граммонит 79/21	Граммонит 79/21 Гранулит АС-4 Гранулит М Игданит	Граммонит 79/21 Гранулит АС-4
Обводненная часть скважин с непроточной водой	Граммониты 50/50, 30/70 Гранитол	Граммониты 50/50, 30/70 Гранулотол	Граммониты 50/50, 30/70 Гранулотол Алюмотол
Обводненная	Граммонит 30/70 Гранулотол	Алюмотол Гранулотол Граммонит 30/70	Алюмотол Гранулотол Граммонит 30/70
Камеры сухие и осушенные	Гранулит М Игданит Граммонит 79/21	Гранулит М Игданит Гранулит АС-4 Граммонит 79/21	Гранулит АС-4 Граммонит 79/21 Гранулит М Игданит
Шпуры в сухих забоях	Игданит Гранулит М Гранулит АС-4	Граммонит 79/21 Гранулит АС-4 Гранулит М Игданит (патронированный)	
Шпуры в обводненных забоях	Аммонит 6ЖВ		

Таблица 13

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг $P_{и}$	Переводной коэффициент к эквиваленту $K_{ВВ}$	Стоимость 1000 кДЖ энергии, коп. C_1
Аммонит 6ЖВ (порошок)	3560	1,0	5,06
Аммонит 6ЖВ (в патронах)	3560	1,0	6,7
Граммонит 79/21	3560	1,0	5,06
Гранулит АС-4В	3645	0,98	5
Гранулит АС-8В	4060	0,89	5
Гранулит М	3160	1,13	4,43
Гранитол	2975	1,2	10,08
Алюмотол	4275	0,83	11,3
Граммонит 30/70		1,14	10,27
Граммонит 50/50	2515	1,11	9,15
Детонит М (патроны)	4160	0,82	10,82
Аммонит скальный № 1	4220	0,81	20,38
Игданит	3200	1,13	3,75
Динафталит-200 (в патронах)	3350	1,06	8,5

Затраты на энергию, выделяемую при взрыве 1 кг ВВ, определяются по формуле

$$C = P_{и} C_1 / 1000, \quad (XI. 1)$$

где $P_{и}$ — идеальная работа взрыва, кДж/кг (см. табл. 13), C_1 — затраты на 1000 кДж энергии взрыва, коп. (см. табл. 13).

Затраты на энергию взрыва эталонного ВВ (аммонита 6ЖВ) на взрывание 1 м³ скальных пород

$$C_3 = q_3 C_1 P_{и} / 1000, \quad (XI. 2)$$

где q_3 — удельный расход эталонного ВВ, кг/м³.

Затраты на энергию взрыва расчетного (испытываемого) ВВ на 1 м³ скальных пород

$$C_p = q_3 C_1 P_{и} K_{ВВ} / 1000, \quad (XI. 3)$$

где $K_{ВВ}$ — переводной коэффициент к эквивалентному ВВ (см. табл. 13).

Пример 95. Для взрывания влажных скальных пород методом шпуровых зарядов могут использоваться патронированные ВВ: аммонит 6ЖВ, детонит М и аммонит скальный № 1. Удельный расход аммонита 6ЖВ $q_3 = 1,2$ кг/м³. Выбрать ВВ для указанных условий взрывания.

Решение. 1. Определяем затраты на энергию взрыва эталонного ВВ — аммонита 6ЖВ на взрывание 1 м³ скальных пород. Значения C_1 и $P_{и}$ принимаются по табл. 13

$$C_3 = \frac{q_3 C_1 P_{и}}{1000} = \frac{1,2 \cdot 6,7 \cdot 3560}{1000} = 28,6 \text{ коп/м}^3.$$

2. Определяем удельные затраты на 1 м³ породы при использовании детонита М:

$$C_p = \frac{q_3 C_1 P_{и} K_{ВВ}}{1000} = \frac{1,2 \cdot 10,8 \cdot 4160 \cdot 0,82}{1000} = 44,2 \text{ коп/м}^3.$$

3. То же, для аммонита скального № 1

$$C_p = \frac{1,2 \cdot 20,4 \cdot 4220 \cdot 0,81}{1000} = 83,6 \text{ коп/м}^3.$$

4. Наиболее выгодно использовать аммонит 6ЖВ.

§ 31. Определение удельного расхода взрывчатых веществ

Удельный расход ВВ — необходимое количество ВВ, требуемое для разрушения единицы объема взрывааемых пород. В горной промышленности удельный расход ВВ измеряют в кг/м³ и кг/т.

Удельный расход ВВ зависит от физико-механических свойств взрывааемых пород, условия, способа и метода их взрывания, мощности ВВ, технических требований к результату взрыва. Удельный расход при рыхлении грунтов колеблется в широких пределах: от 0,3 кг/м³ при уступной отбойке пород IV группы по СНиПу до 4,3 кг/м³ при проведении неглубоких траншей в скальных породах XI группы по СНиПу.

Удельный расход ВВ определяется опытным путем. Фактический удельный расход ВВ на рыхление (в массиве)

$$q_{\text{ф}} = Q_{\text{ф}} / V_{\text{м}} \quad (\text{XI. 4})$$

где $Q_{\text{ф}}$ — фактическая масса взорванных зарядов, кг; $V_{\text{м}}$ — фактический объем взорванной породы в массиве, м³.

Удельный расход ВВ на 1 т взорванной руды или породы

$$q_{\text{р}} = Q_{\text{ф}} / (\gamma V_{\text{м}}) \quad (\text{XI. 5})$$

где γ — плотность руды или породы, т/м³.

Удельный расход ВВ на 1 т товарной руды

$$q_{\text{т}} = Q_{\text{ф}} / (\gamma V_{\text{м}} \rho_{\text{т}}) \quad (\text{XI. 6})$$

где $\rho_{\text{т}}$ — выход товарной руды, в долях единицы.

Удельный расход эталонного ВВ — аммонита 6ЖВ принимается по справочным данным (табл. 14).

При использовании других ВВ и при другой плотности заряжения расчетный удельный расход ВВ

$$q_{\text{н}} = q_{\text{э}} K_{\text{ВВ}} K_{\text{п}} \quad (\text{XI. 7})$$

где $K_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий плотность заряжения.

Значение $K_{\text{п}}$ в зависимости от плотности заряжения Δ

Плотность заряжения, т/м ³	Значение $K_{\text{п}}$	Плотность заряжения, т/м ³	Значение $K_{\text{п}}$
0,9 (эталон)	1	0,85	1,06
0,95	0,95	0,8	1,13
1	0,9	0,75	1,2
1,1	● 0,82	0,7	1,28
1,2	0,75		

Пример 96. При взрывании блока железной руды израсходовано 120 т граммонита 30/70. При $H = 15$ м блок имеет длину 250 м, ширину 40 м. Выход негабарита $\rho_{\text{н}} = 10\%$, удельный расход аммонита 6ЖВ на

Таблица 14

Высота уступа, м	Удельный расход (кг/м ³) аммонита 6ЖВ в зависимости от коэффициента крепости пород (группы грунтов по СНиПу)				
	7 – 8 (VII)	9 – 10 (VIII)	11 – 14 (IX)	15 – 18 (X)	19 – 20 (XI)
Отбойка шпуровыми зарядами $d = 42$ мм					
1	0,8	0,84	0,96	0,99	1
2	0,63	0,69	0,76	0,83	0,86
3	0,61	0,67	0,74	0,8	0,83
Отбойка вертикальными скважинами $d = 150 \div 190$ мм					
10	0,45	0,52	0,58	0,66	0,75
12	0,44	0,51	0,57	0,65	0,72
15	0,43	0,51	0,56	0,65	0,70

Примечание. Плотность заряжения $\Delta = 0,9$ кг/м³.

дробление негабарита наружными зарядами составил $q_{нг} = 1,4$ кг/м³. Выход товарной руды 50 %, плотность руды в целике $\gamma = 3,2$ т/м³. Определить удельный расход граммонита 30/70 на взрывание руды в массиве и расход ВВ на 1 т товарной руды в пересчете на аммонит 6ЖВ.

Решение. 1. Находим объем взрываемого массива (блока)

$$V_m = H B L = 15 \cdot 40 \cdot 250 = 150000 \text{ м}^3.$$

2. Определяем расход граммонита 30/70 на первичное взрывание 1 т товарной руды

$$q_t = Q_{\phi} / (\gamma V_m \rho_t) = 120000 / (3,2 \cdot 150000 \cdot 0,5) = 0,5 \text{ кг/т.}$$

3. Расход аммонита 6ЖВ на дробление негабарита

$$Q_{нг} = q_{нг} \rho_n V_m = 1,4 \cdot 0,1 \cdot 150000 = 21000 \text{ кг.} \quad (XI. 8)$$

4. Расход аммонита 6ЖВ на 1 т товарной руды при дроблении негабарита

$$q_{нг} = Q_{нг} / (\gamma V_m \rho_t) = 21000 / (3,2 \cdot 150000 \cdot 0,5) = 0,087 \text{ кг/т.}$$

5. Определяем удельный расход ВВ на взрывание 1 т железной товарной руды в массиве в пересчете на эталон – аммонит 6ЖВ

$$q_{эп} = q_t / K_{ВВ} = 0,5 / 1,13 = 0,43 \text{ кг/т.}$$

6. Суммарный расход ВВ на 1 т товарной руды в пересчете на аммонит 6ЖВ

$$q_{тс} = q_{эп} + q_{нг} = 0,438 + 0,087 = 0,525 \text{ кг/т.} \quad (XI. 9)$$

Пример 97. Для взрывания блока руды используется гранули АС-8В. Определить стоимость и удельный расход гранули АС-8В н

рыхление 1 м³ руды при плотности заряжания 0,95 кг/дм³, если удельный расход аммонита 6ЖВ $q_3 = 0,8$ кг/м³.

Решение. 1. По приведенным выше данным находим для гранули-та значение $K_{ВВ} = 0,89$ и $K_n = 0,95$.

2. Определяем удельный расход гранули-та АС-8В

$$q_n = q_3 K_{ВВ} K_n = 0,8 \cdot 0,89 \cdot 0,95 = 0,69 \text{ кг/м}^3 \approx 0,7 \text{ кг/м}^3.$$

3. Стоимость гранули-та АС-8В на рыхление 1 м³ руды

$$C_n = \frac{q_n \rho_n C_1}{1000} = \frac{0,7 \cdot 4060 \cdot 5}{1000} = 14,2 \text{ коп/руб.}$$

§ 32. Определение удельного расхода средств взрывания

Удельный расход капсулей-детонаторов, огнепроводного шнура (ОШ) и электродетонаторов (ЭД) определяется на 1000 м³ взорванной породы. Удельный расход детонирующего шнура и электродетонаторов определяется на 1000 м³ и на 1 м³ взорванной породы.

Удельный расход детонирующего шнура на 1 м³ взорванной породы

$$l_{ш.у} = L_{ш.ф} / V_m \quad (XI. 10)$$

где $L_{ш.ф}$ — фактический расход ДШ, м.

По формуле (XI. 10) можно определить удельный расход на 1 м³ пород и других средств взрывания: КД, ОШ, ЭД.

Удельный расход электродетонаторов, капсулей-детонаторов на 1000 м³ взорванной породы

$$N'_3 = n_3 N_3 1000 / V_m \quad (XI. 11)$$

где N_3 — число взрывааемых зарядов; n_3 — число детонаторов в одном заряде.

Суммарный удельный расход детонаторов на первичное и вторичное взрывание определяется по формуле

$$N_{3.с} = (N_3 + n_3) / V_m \quad (XI. 12)$$

где n_3 — расход ЭД на дробление негабарита.

$$n_3 = \rho_n V_m n_{нг} \quad (XI. 13)$$

где $n_{нг}$ — удельное число кусков негабарита шт/м³.

Суммарный удельный расход детонирующего шнура на первичное и вторичное взрывание

$$L_{ш.с} = \frac{L_{ш.ф}}{V_m} + \frac{L_{ш.н}}{\rho_n V_m} \quad (XI. 14)$$

где $L_{ш.н}$ — расход ДШ на дробление негабарита, м.

Пример 98. Для взрывания блока железной руды объемом 20000 м³ пробурено 150 скважин. Расход ДШ на одну скважину $l_{ш.с} = 20$ м. Определить удельный расход ДШ на первичное взрывание руды.

Решение. 1. Определяем расход ДШ на взрывание блока железной руды

$$L_{ш.ф} = N_c l_{ш.с} = 150 \cdot 20 = 3000 \text{ м.}$$

2. Удельный расход ДШ на первичное взрывание 1 м³ руды

$$l_{ш.у} = L_{ш.ф} / V_m = 3000 / 20000 = 0,15 \text{ м/м}^3.$$

Пример 99. Для взрывания блока гранита объемом 25 000 м³ пробурено 200 скважин. При электрическом взрывании зарядов используется парно-последовательное соединение ЭД в боевиках. Выход негабарита 6 %, средний объем куска негабарита 2 м³. На взрывание одного куска негабарита расходуется два электродетонатора. Определить расход ЭД на взрывание 1000 м³ в массиве, расход ЭД на дробление негабарита и суммарный расход ЭД на первичное и вторичное взрывание 1000 м³ гранита.

Решение. 1. Определяем расход (шт) ЭД на первичное взрывание 1000 м³ гранита

$$N'_3 = n_3 N_3 1000 / 25000 = 2 \cdot 200 \cdot 1000 / 25000 = 16.$$

2. Число ЭД на первичное взрывание гранита

$$N_3 = N'_3 V_m / 1000 = 16 \cdot 25000 / 1000 = 400.$$

3. Число ЭД на дробление негабаритных кусков

$$n_3 = \rho_n V_m n'_3 / V_n = 0,06 \cdot 25000 \cdot 2 / 2 = 1500. \quad (\text{X1. 15})$$

Здесь V_n — средний объем негабаритного куска, м³; $V_m = 2$ м³; n'_3 — число ЭД на дробление одного негабаритного куска, $n'_3 = 2$.

4. Суммарный расход ЭД на первичное и вторичное взрывание 1000 м³ гранита

$$N_{э.с} = \frac{(N_3 + n_3) 1000}{V_m} = \frac{(400 + 1500) 1000}{25000} = 76.$$

§ 33. Расчет затрат на рыхление пород взрывным способом

В стоимость рыхления 1 м³ пород буровзрывным способом входят затраты бурения, ВВ, СВ, зарплата рабочих, затраты на эксплуатацию машин, зарядание и забойку и взрывание скважин.

Для расчета примеров и задач приняты следующие стоимостные показатели. Стоимость средств взрывания: детонирующий шнур —

Таблица 15

Диаметр и объем 1 м скважины	Высота уступа, м	Удельный расход буровых работ (м/1000 м ³) в за- висимости от коэффициента крепости пород (груп- пы грунтов по СНиПу)			
		7-8 (VII)	9-10 (VIII)	11-14 (IX)	15-18 (X)
$d = 105 \text{ мм};$ $V_1 = 8,7 \text{ дм}^3$	6	109	113	127	144
	8	107	112	125	140
	10	105	110	124	138
$d = 150 \text{ мм};$ $V_1 = 17,7 \text{ дм}^3/\text{м}$	10	34	36	39	44
	12	27	31	37	42
	15	26	30	34	40
$d = 200 \text{ мм};$ $V_1 = 31,4 \text{ дм}^3/\text{м}$	12	20	22	26	32
	15	17	20	23	29
	20	15	17	22	25

20 коп/м; ОШ – 5 коп/м; КД – 4 коп/шт; ЭД – 15 коп/шт; ЭДКЗ – 18 коп/шт.

Стоимость 1 кг ВВ: аммонит 6ЖВ (порошок) – 18 коп/кг; аммонит 6ЖВ (патроны) – 24 коп/кг; гранулит АС-8В – 18 коп/кг; гранулотол – 40 коп/кг; игданит – 12 коп/кг.

Затраты на образование полости: для некрепких пород $C_2 = 7 \text{ коп/дм}^3$; в породах средней крепости $C_2 = 16 \text{ коп/дм}^3$; в крепких породах $C_2 = 25 \text{ коп/дм}^3$.

Удельный расход буровых работ на 1 м³ взрывааемых пород

$$V_y = \frac{V_6 V_1}{1000}, \quad (\text{XI. 16})$$

где V_6 – удельный расход буровых работ, м/1000 м³ (табл. 15); V_1 – объем 1 м скважины, дм³.

Стоимость ВВ и СВ определяется по соответствующим формулам (см. §§ 30, 31, 32).

Затраты на зарядание, забойку и взрывание скважин принимаются в расчетах в размере 25 % от стоимости взрывчатых материалов

$$C_{зр} = 0,25(C_в + C_с).$$

Затраты на рыхление 1 м³ взрывным способом

$$C_p = C_6 + C_в + C_с + C_{зр}, \quad (\text{XI. 17})$$

где C_6 – удельные затраты на образование полости, коп/м³,

$$C_6 = V_6 V_1 C_2 / 1000. \quad (\text{XI. 18})$$

Расчетная стоимость ВВ на 1 м³ скальных пород определяется по формулам XI. 2 и XI. 3.

Расчетная стоимость средств взрывания

$$C_0 = l_{ш.у} C_3, \quad (X1. 19)$$

где $l_{ш.у}$ — удельный расход ДШ, м/м³; C_3 — стоимость ДШ, коп/м.

По аналогичным формулам может быть определена стоимость и других средств взрывания: ЭД, КД, ДШ.

Пример 100. Взрывание блока руды объемом 18 000 м³ проводилось вертикальными скважинными зарядами $d = 150$ мм; высота уступа $H = 10$ м, длина перебура $l_n = 2$ м. Коэффициент крепости руды $f = 10$ по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова. Определить общий объем буровых работ, число пробуренных скважин, выход взорванной рудной массы с одной скважины и с 1 м скважины, затраты на буровые работы и удельные затраты на образование полости.

Решение. 1. Определяем общий объем буровых работ для взрывания блока руды.

По табл. 15 $V_6 = 36$ м/1000 м³

$$V_{о.б} = V_6 V_m / 1000 = 36 \cdot 18000 / 1000 = 648 \text{ м.} \quad (X1. 20)$$

2. Глубина скважин

$$L = H + l_n = 10 + 2 = 12 \text{ м.}$$

3. Число пробуренных скважин

$$N_c = V_{о.б} / L_c = 648 / 12 = 54.$$

4. Выход взорванной рудной массы с одной скважины

$$M = V_m / N_c = 18000 / 54 = 333 \text{ м}^3. \quad (X1. 21)$$

5. Выход взорванной рудной массы с 1 м скважины

$$M_p = M / L_c = 333 / 12 = 27,7 \text{ м}^3 / \text{м.} \quad (X1. 22)$$

6. Удельные затраты на образование полости в рудах средней крепости на 1 м³

$$C_6 = \frac{V_c V_1 C_2}{1000} = \frac{36 \cdot 17,7 \cdot 16}{1000} = 10,2 \text{ коп/м}^3.$$

7. Общие затраты на буровые работы при взрывании блока руды

$$C_{о.б} = V_m C_6 / 100 = 18000 \cdot 10,2 / 100 = 1836 \text{ руб.}$$

Пример 101. На взрывание 10 000 м³ скальных пород группы X по СНиПу израсходовано 9 т гранулита АС-8В. Диаметр скважины 105 мм, $H = 12$ м, боевики располагаются в нижней части скважины.

Расход ДШ $L_{ш} = 359 \text{ м}/1000 \text{ м}^3$. Определить затраты на рыхление 1 м^3 скальных пород.

Решение. 1. Определяем фактический удельный расход гранулита АС-8В

$$q_3 = Q_{ф} / V_{м} = 9000 / 10000 = 0,9 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

2. Стоимость гранулита АС-8В на 1 м^3 скальных пород

$$C_{в} = q_{ф} P_{и} C_1 / 1000 = 0,9 \cdot 4060 \cdot 5 / 1000 = 18,27 \text{ коп.}/\text{м}^3$$

3. Определяем удельные затраты на образование полости.

По данным табл. 15 удельный расход буровых работ скважин $d = 105 \text{ мм}$ составляет $V_6 = 138 \text{ м}/1000 \text{ м}^3$, $V_1 = 8,7 \text{ дм}^3/\text{м}$, $C_2 = 25 \text{ коп.}/\text{м}^2$

$$C_6 = \frac{V_6 V_1 C_2}{1000} = \frac{138 \cdot 8,7 \cdot 25}{1000} = 30,02 \text{ коп.}/\text{м}^3.$$

4. Стоимость детонирующего шнура на 1 м^3 скальных пород

$$C_c = L_{ш} C_2 / 1000 = 359 \cdot 20 / 1000 = 7,18 \text{ коп.}/\text{м}^3.$$

5. Стоимость затрат на зарядание, забойку и взрывание на 1 м^3 скальных пород

$$C_{зр} = 0,25(C_{в} + C_c) = 0,25(18,27 + 7,18) = 6,36 \text{ коп.}/\text{м}^3.$$

6. Затраты на рыхление 1 м^3 скальных пород

$$C_p = C_6 + C_{в} + C_c + C_{зр} = 30,02 + 18,27 + 7,18 + 6,36 = 61,83 \text{ коп.}/\text{м}^3.$$

7. Полные затраты на рыхление 1 м^3 скальных пород

$$C_n = K_{ун} (C_6 + C_{в} + C_c + C_{зр}) = 1,4(30,02 + 18,27 + 7,18 + 6,36) = 86,56 \text{ коп.}/\text{м}^3.$$

Здесь $K_{ун}$ — коэффициент, учитывающий общерудничные, ремонтные, транспортные и другие расходы по хранению, перевозке и подготовке ВМ. В расчетах принимается $K_{ун} = 1,4$.

Задача 233. Взрывание обводненной крепкой руды методом скважинных зарядов может осуществляться гранитолом и алюмотолом. Удельный расход аммонита 6ЖВ $q_3 = 1 \text{ кг}/\text{м}^3$. Провести экономический расчет по выбору ВВ.

Задача 234. Для взрывания обводненных скальных пород методом шпуровых зарядов могут использоваться патронированные ВВ: динаф-

талит-200, детонит М и аммонит скальный № 1. Удельный расход патронированного аммонита 6ЖВ при проведении траншеи в этих грунтах $q_3 = 2 \text{ кг/м}^3$. Определить расчетом наиболее экономичный вид ВВ.

Задача 235. Для уступной отбойки пород средней крепости скважинными зарядами могут использоваться граммонит 79/21, гранулит АС-4В, гранулит М и игданит. Удельный расход порошкообразного аммонита 6ЖВ $q_3 = 0,6 \text{ кг/м}^3$. Выполнить расчет по выбору наиболее эффективно ВВ, учитывая, что стоимость промежуточных детонаторов у гранулита АС-4В составляет 5 % стоимости ВВ, у игданита — 10 %.

Задача 236. Определить удельные затраты на граммонит 50/50, если удельный расход эталонного ВВ аммонита 6ЖВ на взрывание таких пород составляет $q_3 = 0,8 \text{ кг/м}^3$.

Задача 237. На взрывание блока медной руды $V_M = 12\,000 \text{ м}^3$ израсходовано 7,2 т гранулита АС-4В. Выход товарной руды $p_r = 40\%$. Объемная масса руды $\gamma = 3,6 \text{ т/м}^3$. Определить удельный расход гранулита АС-4В на 1 т товарной руды.

Задача 238. На взрывание блока известняков $V_M = 40\,000 \text{ м}^3$ израсходовано 32 т граммонита 79/21. Выход негабарита 5 %. На дробление негабарита израсходовано 800 кг аммонита 6ЖВ.

Определить суммарный удельный расход ВВ на первичное и вторичное взрывание известняков в пересчете на аммонит 6ЖВ.

Задача 239. Для взрывания блока обводненной руды используется алюмотол. Определить стоимость и удельный расход алюмотола при плотности заряжения $\Delta = 1 \text{ кг/дм}^3$, если удельный расход аммонита 6ЖВ $q_3 = 0,9 \text{ кг/м}^3$.

Задача 240. На взрывание блока железной руды израсходовано 90 т гранулита АС-8В. При высоте уступа $H = 20 \text{ м}$, блок имеет длину 100 м, ширину 50 м. Выход негабарита $p_n = 5\%$; выход товарной руды 40 %; плотность руды в массиве $\gamma = 3,3 \text{ т/м}^3$. Дробление негабарита осуществляется шпуровыми зарядами. Удельный расход аммонита 6ЖВ на дробление негабарита $q_{нг} = 0,4 \text{ кг/м}^3$. Определить суммарный расход ВВ на 1 т товарной руды на первичное и вторичное взрывание в пересчете на аммонит 6ЖВ.

Задача 241. На взрывание блока медной руды $V_M = 20\,000 \text{ м}^3$ израсходовано 4000 м детонирующего шнура. Выход негабарита 5 %, удельный расход ДШ на взрывание негабарита $l_{ш.н} = 0,6 \text{ м/м}^3$. Определить суммарный удельный расход ДШ на первичное и вторичное взрывание 1 м³ медной руды.

Задача 242. Для взрывания блока гранитов $V_M = 30\,000 \text{ м}^3$ пробурено 100 скважин. Расход детонирующего шнура на одну скважину $l_{ш.с} = 27 \text{ м}$. Определить удельный расход ДШ на первичное взрывание 1 м³ гранита.

Задача 243. Для взрывания блока $V_M = 18\,000 \text{ м}^3$ кварцитов пробурено 150 скважин. В скважинах используются рассредоточенные заряды, состоящие из трех частей. В каждый боевик вводится один электродето-

натор. Выход негабарита 4 %. Средний объем негабарита $V_n = 1,5 \text{ м}^3$. На взрывание одного куска негабарита расходуется один электродетонатор. Определить расход ЭД на взрывание 1000 м^3 кварцитов в массиве, расход ЭД на дробление негабарита и суммарный расход ЭД на первичное и вторичное взрывание 1000 м^3 кварцитов.

Задача 244. Взрывание блока крепких руд $V_m = 12\,000 \text{ м}^3$ осуществляется вертикальными скважинными зарядами $d = 105 \text{ мм}$ при $H = 10 \text{ м}$. Коэффициент крепости руды по шкале проф. М.М. Протодяконова $f = 12$. Определить общий объем буровых работ, число пробуренных скважин, выход взорванной рудной массы с одной скважины на 1 м скважины, общую и удельную стоимость буровых работ.

Задача 245. На взрывание $40\,000 \text{ м}^3$ кварцитов $f = 12$ израсходовано 32 т граммонита 79/21. Диаметр скважин 150 мм , $H = 15 \text{ м}$. Боевики располагаются в нижней части скважины, расход ДШ на 1000 м^3 кварцитов 110 м . Определить стоимость взрывания 1 м^3 кварцитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афонин В.Г., Гейман Л.М., Комир В.М.* Справочное пособие по взрывным работам в строительстве. Киев, Будивельник, 1982.
2. *Буровзрывные работы на угольных разрезах.* /Н.Я. Репин, В.П. Богатырев, В.Д. Буткин и др. Под ред. Н.Я. Репина. М., Недра, 1987.
3. *Дроговейко И.З.* Разрушение мерзлых грунтов взрывом. М., Недра, 1981.
4. *Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И.* Промышленные взрывчатые вещества. М., Недра, 1988.
5. *Единые правила безопасности при взрывных работах.* М., Недра, 1976.
6. *Кутузов Б.Н.* Взрывные работы. М., Недра, 1988.
7. *Лабораторные и практические работы по разрушению горных пород взрывом.* М., Недра, 1986.
8. *Нормативный справочник по буровзрывным работам.* М., Недра, 1986.
9. *Справочник взрывника/Под общей ред. Б.Н. Кутузова.* М., Недра, 1988.

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

1. $K_6 = +39,6\%$. 2. $K_6 = -10,1\%$. 3. $K_6 = -45,9\%$. 4. $K_6 = +0,34\%$. 5. $K_6 = -0,7\%$. 6. $K_6 = -4,7\%$. 7. $K_6 = -0,18\%$. 8. $P_1 = 81,65\%$; $P_2 = 18,35\%$. 9. $V_0 = 980$ л/кг. 10. $V_r = 6520$ л/кг. 11. $V_r = 190$ м³. 12. $\rho_3 = 1,75 \cdot 10^9$ Па. 13. $\rho_3 = 3,2 \cdot 10^9$ Па. 4. $V_p = 449$ см³. 15. $t_1 = 16,8\%$. 16. $V^D = 408$ см³. 17. $t = 11$ °С. 18. $V_k = 370$ см³. 19. $h_6 = 23,5$ мм. 20. $h_{cp}'' = 46,5$ мм. 21. $h_6 = 17,5$ мм. 22. $X_1 = 8\%$; $X_{11} = 12\%$. 23. $D_n = 2172$ м/с. 24. $D_n = 2745$ м/с. 25. $\rho' = 53,2$ кг/м. 26. $V_c^H = 300$ м³. 27. $Q_c = 156$ кг. 28. $Q_c = 266$ кг. 29. $l_3 = 13,3$ м; $M_{36} = 300$ кг. 30. $Q_c = 120$ кг; $L_c = 12$ м; $l_{36} = 4$ м. 31. $Q_{общ} = 15620$ кг; $V_{6,общ} = 2016$ м; $V_{cp} = 14,1$ м³/м; $V_{оп} = 28400$ м³. 32. $q_3 = 0,55$ кг/м³. 33. $l_{36} = 5,6$ м; $Q_c = 203$ кг; $d = 185$ мм. 34. $d = 215$ мм; $Q_c = 386$ кг. 35. $d = 195$ мм; $W_n = 5$ м; $a = 5,5$ м; $b = 4,7$ м. 36. $H = 9,5$ м; $Q_c = 73,8$ кг. 37. $d = 200$ мм; $W_n = 5,4$ м; $a = 4,9$ м; $L_c = 13$ м. 38. $d = 130$ мм; $L_c = 10$ м. 39. $d = 235$ мм; $L_c = 22,6$ м. 40. $a = 10$ м; $l_3 = 9$ м; $Q_c = 172,8$ кг; $H = 13$ м. 41. $L_6 = 120$ м. 42. $Q_{ш} = 4,5$ кг. 43. $l_{ш} = 3,45$ м. 44. $a = 1,48$ м. 45. $d = 42$ мм; $q = 0,6$ кг/м³. 46. $a_{ш} = 1,8$ м; $b = 1,2$ м; $l_{ш} = 3,22$ м. 47. $H = 2,68$ м. 48. $W_n = 1,6$ м; $b = 1,4$ м; $a = 1,9$ м. 49. $L_6 = 2840$ м. 50. $d = 44$ мм; $V_{ш} = 7,37$ м³. 51. $Q_{ш} = 4$ кг; $V'_{ш} = 1,57$ м³/м. 52. $Q_{общ} = 89$ кг. 53. $W_n = 1,7$ м; $a = 1,95$ м; $b = 1,45$ м; $d = 52$ мм. 54. $d = 50$ мм; $\rho_r = 1,75$ кг/м; $\Delta = 0,9$ кг/дм³. 55. $Q_n = 1,12$ кг. 56. $\Pi_{пр} = 78,9$ дм³/кг; $Q_k = 835$ кг. 57. $V_k = 546$ дм³; $q_c = 0,71$ кг/м³. 58. $W = 3,2$ м; $a = 4$ м; $Q_k = 9,8$ кг; $V_k = 11$ дм³; $Q_n = 0,55$ кг. 59. $V_k = 117$ дм³; $Q_n = 1,3$ кг. 60. $Q_{к.з} = 1007$ кг. 61. $Q_{к.з} = 539$ кг. 62. $V_{к.общ} = 50,4$ м³. 63. $Q_{общ} = 5145$ кг. 64. $a = 9,7$ м; $V_{к1} = 0,52$ м³; $V_{к2} = 0,67$ м³. 65. $Q_{м.з} = 24$ кг. 66. $L_{р.общ} = 126$ м; $Q_{общ} = 1200$ кг. 67. $d_n = 32$ мм; $Q_n = 1,164$ кг. 68. $L_{р.общ} = 90$ м; $Q_{общ} = 692$ кг. 69. $Q_n = 8$ кг. 70. $Q_n = 3,6$ кг. 71. $q_{ш} = 0,4$ кг/м³; $n_{ш} = 4$. 72. $n_{ш} = 4$. 73. $l_{ш} = 0,45$ м; $h_n = 1,5$ м. 74. $n_3 = 4$. 75. $V_T = 1080$ м; $Q_{общ} = 2160$ кг; $a = 0,56$ м. 76. $V_T = 600$ м³; $q = 2$ кг/м³. 77. $V_T = 1989$ м³; $N_{ш} = 850$. 78. $q = 1,7$ кг/м³; $Q_T = 2550$ кг; $V_T = 1500$ м³; $a = 0,75$ м. 79. $V_T = 4500$ м³; $Q_T = 3600$ кг; $Q_c = 16,7$ кг; $l_c = 2,66$. 80. $V_T = 10\,000$ м³; $q = 1,7$ кг/м³. 81. $l_{ш} = 1,35$; $a = 1,2$ м; $Q_{ш,общ} = 480$ кг. 82. $Q_{с.общ} = 2520$ кг; $a = 2,8$ м; $n_p = 2$; $b = 2,24$ м; $N_c = 192$; $Q_c = 13,1$ кг. 83. $Q_{с.общ} = 16\,368$ кг; $V_T = 10240$ м³. 84. $L_T = 206$ см. 85. $L_T = 226$ см. 86. $L_T = 5,17$ м. 87. $L = 195$ см.

$L_{к.т} = 130$ см. 88. $L_T = 260$ см. 89. $L_{ош} = 97,2 \approx 100$ м. 90. $L_{ош} = 180$ м. 91. $T = 60$ с; $L_K = 180$ см. 92. $L_K = 227$ см; $T = 114$ с.
 93. $R = 47,2$ Ом. 94. $R_Y = 2,88$ Ом; $I_Y = 132$ м. 95. $I_K = 32$ м; $R_K = 0,62$ Ом. 96. $I_{к.общ} = 432$ м; $R_{к.общ} = 51,8$ Ом. 97. $(I_K + I_Y)_{общ} = 1314$ м; $(R_K + R_Y)_{общ} = 145,6$ Ом. 98. $R_{б.общ} = 57,12$ Ом. 99. $R_{б.общ} = 159,6$ Ом. 100. $(R_б + R_Y)_{общ} = 1235$ Ом. 101. $R_{б.общ} = 531$ Ом. 102. $R_{б.общ} = 58,240$ Ом. 103. $(R_б + R_Y)_{общ} = 69,5$ Ом. 104. $R_{общ} = 155$ Ом. 105. $R_{общ} = 122,2$ Ом. 106. $R_{общ} = 208$ Ом. 107. $R = 88$ Ом; 152 Ом; $50,8$ Ом. 108. $R_{общ} = 203$ Ом. 109. $R_{общ} = 109,6$ Ом. 110. $R_{общ} = 152$ Ом. 111. $R_{общ} = 541$ Ом. 112. $i_3 = 1,22$ А; взрывание возможно. 113. $U = 375$ В ≈ 380 В. 114. $R_3 = 10,15$ Ом. 115. $R_3 = 10,2$ Ом. 116. $r'_3 = 3,47$ Ом. 117. $N = 20$. 118. $i'_3 = 6,23$ А $> i_r = 2,5$ А; взрывание возможно. 119. $U \geq 147$ В. 120. $R_{общ} = 1985$ Ом $< R_d = 2000$ Ом, ВМК-500.
 121. $r_3 = 3,3$ Ом. 122. $R_{общ} = 3,62$ Ом $< R_d = 7,4$ Ом; взрывание возможно. 123. $i_3 = 2,3$ А $< i_r = 2,5$ А. 124. $R_{общ} = 6,30$ м $> R_d = 3,47$ Ом; взрывание невозможно. 125. $R_{г.д} = 14,32$ Ом. 126. $R_B = 66$ Ом. 127. $R_M = 27,5$ Ом. 128. $U = 193$ В. 129. $i_3 = 5,06$ А. 130. $i_{13} = 4,65$ А; $i_{23} = 3,66$ А; $i_{33} = 3,01$ А. 131. $U \geq 167$ В. 132. $R_{общ} = 47,6$ Ом.
 133. $i_M = 11,48$ А; $i_{13} = 3,12$ А; $i_{23} = 4,01$ А; $i_{33} = 4,68$ А. 134. $R_r = 34,1$ Ом $< R_{общ} = 37,5$ Ом; взрывание возможно. 135. $U = 387$ В. 136. $I_M = 29,53$ А; $I_{1B} = 7,69$ А; $i_{13} = 3,84$ А; $I_{2B} = 6$ А; $i_{23} = 3$ А; $I_{3B} = 6,18$ А; $i_{33} = 3,09$ А; $i_{4B} = 9,6$ А; $i_{43} = 4,8$ А. 137. $n_3 \leq 32$. 138. $i_3 = 3,3$ А. 139. $N \leq 36$. 140. $U = 52$ В. 141. $r_3 \leq 9,5$ Ом. 142. $R_{общ} = 508,2$ Ом. 143. $U \geq 145,8$ В. 144. $R_{общ} = 604$ Ом $> R_n = 600$ Ом; взрывание невозможно. 145. $U = 374$ В ≈ 380 В. 146. $R_{общ} = 1902,8$ Ом $< R_n = 2000$ Ом; взрывание возможно. 147. $U = 378,9$ В. 148. $i_б = 2,98$ А; $i_3 = 1,49$ А; взрыв невозможен. 149. $U = 536$ В. 150. $i_б = 1,02$ А. 151. $R_{м.д} \leq 19,1$ Ом. 152. $r'_3 \leq 2,5$ Ом. 153. ПИВ-110М. 154. $R_б \leq 6,83$ Ом. 155. $r'_{з.д} \leq 2,23$ Ом. 156. $L_{ш} = 915$ м. 157. $I_б = 20$ м. 158. $N = 47$. 159. $R_{п.т.д} = 68,4$ Ом. 160. $r'_{з.д} = 2$ Ом. 161. $R_m \leq 6,7$ Ом. 162. $L_M = 238$ м. 163. $L_{к.общ} = 938$ м. 164. $L_{ш} = 1040$ м. 165. $L_M = 330$ м. 166. $L_{ш} = 1036$ м. 167. $a = 8$ м. 168. $L_{ш} = 2134$ м. 169. $L_{ш} = 1024$ м. 170. $L_{ш} = 1346$ м. 171. $I_{26} = 15$ м. 172. $L_{ш} = 2205$ м. 173. $I_б = 12$ м. 174. $L_{ш} = 162$ м; $m_K = 5$. 175. $L_{ш} = 7720$ Ом; $L_K = 6912$ м.
 177. $W_1 = 5,3$ м; $a = 5,8$ м; $t_3 = 27$ мс. 178. $Q_{общ} = 3096$ кг; $t = 25$ мс; ЭД-КЗ-П. 179. $W_1 = 10$ м. 180. $A_3 = 5$. 181. $t_{ст} = 25$ мс; ЭД-КЗ-П. 182. $t_{ст} = 25$ мс. ЭД-КЗ-П. 183. $t_{ст} = 25$ мс; ЭД-КЗ-П. 184. $t = 31$ мс; 17 шт. КЗДШ-69 с $t_{ст} = 35$ мс. 185. $t = 35$ мс; $Q_{общ} = 6398$ кг; $L_{ш} = 331$ м. КЗДШ-69. 186. КЗДШ-69 с $t_{ст} = 50$ мс; $L_{ш} = 350$ м.

187. КЗДШ-60 с $t_{CT} = 20$ мс; $L_{ш} = 627$ м. 188. $t = 39$ мс; $L_{ш} = 697$ м;
 $a = 8,3$ м. 189. КЗДШ-60 с $t_{CT} = 35$ мс.

190. $Q_c = 264$ кг; $l_{н.п} = 2,25$ м; $t_B = 0,0155$ с. 191. $t_B = 0,011$ с;
 $l_{ин} = 1,92$ м. 192. $h_{в.п} = 2,88$ м; $Q_1 = 168$ кг; $Q_2 = 72$ кг; $l_1 =$
 $= 8,4$ м; $l_2 = 3,6$ м. 193. $l_3 = 10$ м; $Q_c = 200$ кг. 194. $h_{в.п1} = h_{в.п2} =$
 $= 2,4$ м; $Q_1 = 180$ кг; $Q_2 = 90$ кг; $Q_3 = 90$ кг. 195. $h_{в.п1} = h_{в.п2} =$
 $= 1,56$ м; $Q_1 = 370$ кг; $Q_2 = Q_3 = 185$ кг, $L_{дш} = 52$ м. 196. $L_c =$
 $= 18$ м; $L_k = 19,32$ м; $a_k = 0,66$ м; $Q_{к.с} = 1320$ кг; $L_{дш} = 2160$ м.
197. $q = 800$ кг/1000 м²; $q_{дш} = 1800$ м/1000 м². 198. $d_{к.з} = 36$ мм;
 $d_{зр} = 250$ мм.

199. $n = 1,83$. 200. $n = 1,2$. 201. $n = 1,84$; $W = 14,7$ м. 202. $n = 1,75$;
 $Q_B = 4920$ кг. 203. $q_H = 1,25$ кг/м³. 204. $B = 49,5$ м; $H = 13,36$ м;
 $L_k = 203$ м. 205. $Q_B = 4265$ кг. 206. $Q_{общ} = 23600$ кг. 207. $f(n) = 2,8$;
 $n = 1,5$. 208. $n = 1,5$; $Q_B = 594460$ кг. 209. $W = 10$ м; $Q_{общ} = 108900$ кг.
210. $q_{зр} = 3$ кг/м³, $q_H = 1,16$ кг/м³. 211. $Q_{в.с} = 18$ т. 212. $H_B = 8$ м.
213. $n = 1,8$; $B = 50$ м. 214. $C_B = 587$ кг. 215. $Q_y = 342,12$ т. 216. $C_B =$
 $= 144$ кг. 217. $r_{г.з} = 612$ мм.

218. $N_{ш} = 12$; $Q_{зб} = 8,64$ кг; $Q_{в.ш} = 0,790$ кг; $Q_{о.ш} = 0,685$ кг;
 $L_{зб} = 14,84$ м; $l_{y.б} = 7,20$ м/м³. 219. $Q_{зб} = 9,45$ кг; $L_3 = 11,45$ м.
220. $q = 4,8$ кг/м³; $l_{y.б} = 7,29$ м/м³. 221. $V_3 = 9,72$ м³; $Q_{зб} = 43$ кг;
 $L_{зб} = 58,4$ м; $l_{в.ш} = 2,84$ м; $l_{ош} = 2,14$ м. 222. $Q_{общ} = 1926$ кг;
 $L_{б.общ} = 2326$ м. 223. $Q_{общ} = 1248$ кг; $l_{о.ш} = 2,68$ м.

224. $r_c = 155$ м. 225. $Q_d = 23,3$ т. 226. $Q_d = 578,7$ т. 227. $R_{о.з} =$
 $= 1000$ м. 228. $r_{в.с} = 5400$ м. 229. $Q_d = 216$ т. 230. $Q_{кзв} = 117,4$ т.
231. $r_{в} \geq 300$ м. 232. $r_n = 500$ м; $r_{мех} = 250$ м.

233. Гранулотол; $C_p = 35,9$ коп./м³. 234. Динафталит, $C_p =$
 $= 60,4$ коп./м³. 235. Игданит; $C_p = 9,9$ коп./м³. 236. $C_p = 20,3$ коп./м³.
237. $q_T = 237$ г/т. 238. $q_c = q_n + q_{в} = 0,80 + 0,02 = 0,82$ кг/м³. 239. $q_H =$
 $= 0,672$ кг/м³; $C_{ВВ} = 3,26$ руб/м³. 240. По аммониту 6ЖВ $q_c = q_n +$
 $+ q_{в} = 763 + 15 = 778$ г/т. 241. $l_{ш.с} = l_{ш.у} + l_{ш.в} = 0,2 + 0,03 =$
 $= 0,23$ м/м³. 242. $l_{ш.у} = 0,09$ м/м³. 243. $N'_3 = 25$ шт/1000 м³; $n_3 = 48$;
 $N_{з.с} = 27,8$. 244. $V_{о.б} = 1488$ м; $N_c = 124$; $M \approx 97$ м³; $M_p = 8$ м³/м;
 $C_{о6} \approx 3250$ руб; $C_6 \approx 27$ коп./м³. 245. $C_n = 53,4$ коп./м³.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Форма № 1

(наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад)
 Книга учета прихода и расхода взрывчатых материалов

На _____ 19 ____ г.

Наименование ВМ _____

Приход								Расход				
Число, месяц	Остаток на каждое число	Откуда, по каким документам получено	Дата изготовления	№ партии	Приход за сутки	Всего с начала месяца	Число месяца	Куда и по каким документам отпущено	№ партии	Расход за сутки	Всего с начала месяца	Подпись проверяющего склада и замечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Приложение 2

Форма № 2

(наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад)
 Книга учета выдачи и возврата взрывчатых материалов
 К форме № 2

На _____ 19 ____ г.

Дата выдачи	Фамилия взрывника (мастера-взрывника)	Дата, № наряда-путевки	Наименование выдаваемых ВМ, номера изделий	Единица измерения	Количество выданных ВМ	Подпись взрывника (мастера-взрывника) в получении ВМ	Количество израсходованных ВМ	Количество возвращенных ВМ, номера изделий	Подпись раздатчика (зав. складом) в получении ВМ	Подпись взрывника (мастера-взрывника) о сдаче ВМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Примечания. 1. При использовании ВМ различных видов графы 4, 6, 8 и 9 должны быть дополнительно разделены для записи в каждой графе только одного вида ВВ или СИ, а также ступеней замедления электродетонаторов. 2. При необходимости предприятия (организации) могут вносить в форму книги изменения, согласованные с местным органом контролирующей организации.

Приложение 3
Форма № 3

_____ (наименование предприятия)

Наряд-накладная № _____

Складу ВМ _____

Отпустить для _____

Через тов. _____ рабочий № _____

Дата отпуска _____

Наименование ВМ	Единица измерения	Затребовано	Отпущено			
			Количество	Завод-изготовитель	Дата изготовления	№ партии

Руководитель предприятия

Главный бухгалтер

Отпустил _____
(фамилия, подпись)

Получил _____
(фамилия, подпись)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Примеры и задачи по определению расчетных и экспериментальных характеристик взрывчатых веществ.	4
§ 1. Расчет кислородного баланса, объема и давления газообразных продуктов взрыва.	4
§ 2. Определение работоспособности, бризантности, чувствительности и скорости детонации ВВ.	10
Глава II. Расчет зарядов рыхления.	15
§ 3. Расчет параметров скважинных зарядов рыхления при уступной отбойке	16
§ 4. Определение параметров шпуровых зарядов рыхления при уступной отбойке	21
§ 5. Расчет параметров котловых зарядов рыхления при уступной отбойке	26
§ 6. Расчет параметров камерных зарядов.	32
§ 7. Расчет параметров малокамерных зарядов.	34
§ 8. Расчет параметров зарядов при вторичном дроблении пород.	36
§ 9. Расчет параметров шпуровых и скважинных зарядов рыхления при проходке траншей	38
Глава III. Огневое взрывание.	44
§ 10. Определение длины зажигательной трубки.	44
§ 11. Расчет числа зарядов при огневом взрывании	46
Глава IV. Расчет электровзрывных сетей.	47
§ 12. Основные сведения по расчету электровзрывных сетей	47
§ 13. Расчет электровзрывных сетей при последовательном соединении электродетонаторов	53
§ 14. Расчет электровзрывных сетей при параллельном соединении электродетонаторов	62
§ 15. Расчет электровзрывных сетей при смешанном соединении электродетонаторов	71
§ 16. Расчет дублированных электровзрывных сетей	85
§ 17. Расчет электровзрывных сетей при взрывании от источников переменного тока	96
Глава V. Взрывание детонирующим шнуром	100
§ 18. Общие сведения по расчету взрывных сетей при взрывании детонирующим шнуром	100
§ 19. Расчет параметров комбинированной взрывной сети	106
Глава VI. Расчет параметров при короткозамедленном взрывании.	108
§ 20. Определение параметров и схем соединения при электрическом короткозамедленном взрывании	110
§ 21. Определение параметров при короткозамедленном взрывании детонирующим шнуром	114

Глава VII. Расчет параметров при применении контурного взрывания, воздушных промежутков и внутрискважинного замедления	120
§ 22. Определение параметров зарядов при взрывании с внутрискважинным замедлением	121
§ 23. Определение параметров зарядов с инертными промежутками	123
§ 24. Расчет параметров зарядов при контурном взрывании.	127
Глава VIII. Расчет параметров зарядов при взрывании на выброс.	131
§ 25. Расчет параметров сосредоточенных зарядов и воронки выброса	131
§ 26. Расчет удлиненных горизонтальных зарядов выброса	138
Глава IX. Определение параметров зарядов при проходке горных выработок и зарядных камер	141
Глава X. Расчет безопасных расстояний при взрывных работах	148
§ 27. Расчет радиуса опасной зоны по разлету кусков породы	148
§ 28. Определение сейсмобезопасных расстояний	149
§ 29. Расчет безопасных расстояний по действию воздушной ударной волны	152
Глава XI. Основные технико-экономические расчеты при ведении взрывных работ.	154
§ 30. Расчет технико-экономических показателей при выборе взрывчатых веществ	154
§ 31. Определение удельного расхода взрывчатых веществ	157
§ 32. Определение удельного расхода средств взрывания	159
§ 33. Расчет затрат на рыхление пород взрывным способом	160
Список литературы	166
Ответы к задачам	167
Приложения	170

Гущин В.И.

Г 98 Задачник по взрывным работам: Учеб. пособие для профессионального обучения рабочих на производстве. — М.: Недра, 1990.— 174 с.: ил.
ISBN 5-247-01453-7

Представлены типовые задачи по взрывным работам на карьерах. Приведены примеры расчета основных характеристики взрывчатых веществ (кислородного баланса, объема газообразных продуктов, скорости детонации и работы взрыва), радиусов опасных зон по разлету кусков и действию воздушных ударных волн, параметров зарядов различных конструкций, электровзрывных сетей, а также основных технико-экономических показателей взрывных работ.

Для подготовки взрывников на производстве, в учебных комбинатах, а также для учащихся профтехобразования.

Г 2502010300 — 237
043 (01) — 90 235—90

ББК 33.133