

Министерство науки и образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Составители
И. Б. Катанов
А. Н. Супруненко

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ

Методические указания к курсовому проекту

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 Горное дело
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2020

Рецензенты

Селюков А. В. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ, председатель учебно-методической комиссии специализации Открытые горные работы.

Ренев А. А. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 Горное дело.

Катанов Игорь Борисович

Разрушение горных пород взрывом : методические указания к курсовому проекту для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации / направленность (профиль) Открытые горные работы, всех форм обучения / сост. И. Б. Катанов, А. Н. Супруненко; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2020. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для установления тесной связи между теорией и практикой при формировании навыков, необходимых для будущей работы и ознакомления студентов с деятельностью промышленных предприятий по добыче твердых полезных ископаемых, связанной с безопасным ведением взрывных работ при подготовке горной массы к выемке.

Приведены краткие теоретические материалы, задания курсового проекта, примеры с решениями и вопросы для проверки знаний, предусмотренных рабочей программой.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2020

© Катанов И. Б., Супруненко А. Н.,
составление, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Требования к оформлению отчета	3
1. Обоснование технологических свойства вскрышных пород месторождения (исходные данные к курсовому проекту в табл. 1, стр. 5-6)	4
2. Выбор средств бурения взрывных скважин	7
3. Выбор промышленных ВВ	7
4. Расчет основных параметров скважинных зарядов	8
5. Оценка качества дробления породы взрывом	16
6. Определение интервалов замедления короткозамедленного взрывания	16
Пример 1. Расчет параметров БВР	18
7. Выбор средств инициирования скважинных зарядов	21
Пример 2. Расчет параметров короткозамедленного взрывания	23
8. Дробление негабарита	23
8.1. Расчет количества негабарита	23
8.2. Способы дробления негабарита	23
8.2. Схема инициирования взрывной сети	27
8.3. Меры безопасности при разделке негабаритов	27
9. Расчет параметров опасных зон при взрывании скважинных зарядов	28
9.1. Определение параметров зон, опасных по разлёту отдельных кусков породы	28
9.2. Расчет расстояний, опасных по сейсмическому действию взрыва	29
9.3. Определение расстояний, опасных по действию ударной воздушной волны	31
Пример 3. Расчет параметров опасных зон	31
Список рекомендуемой литературы	33
Приложения 1-10	35-41

Требование к оформлению отчета

Информация, необходимая для выполнения курсового проекта, преподавателем задается студенту по варианту задания (табл. 1), номер которого соответствует порядковому номеру в списке группы.

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4. Титульный лист (приложение 1) должен содержать наименование вуза, кафедры, наименование курсового проекта, номер варианта, фамилию, имя, отчество студента.

Пояснительная записка по курсовому проекту «Разрушение пород массовым взрывом» включает:

1. Расчет основных параметров скважинных зарядов.
2. Расчет времени замедления, выбор схемы и средств инициирования поверхностной и внутрискважинной сети.
3. Расчет количества негабарита.
4. Определение удельного расхода ВВ при дроблении негабаритов.
5. Определение массы заряда при дроблении негабаритов.
6. Выбор ВВ и СИ при дроблении негабаритов.
7. Выбор схемы инициирования негабаритов.
8. Меры безопасности при разделке негабаритов.
9. Расчет параметров опасных зон.

Формат графического листа курсового проекта А1. На листе, разделенном на 4 части (приложение 11), изображаются:

- 1) данные для расчета параметров БВР, схема пространственного расположения скважин и таблица основных результатов расчета;
- 2) схема инициирования скважинных зарядов с используемыми средствами инициирования (СИ) с указанием наименования элементов сети и времени замедления;
- 3) заряд для дробления негабарита и схема инициирования зарядов на негабаритах;
- 4) схема места проведения массового взрыва с нанесением границ опасных зон по разлету отдельных кусков породы и ударно-воздушной волны.

1. Обоснование технологических свойств вскрышных пород

К основным технологическим свойствам вскрышных пород, оказывающим определяющее влияние на качество взрывной подготовки их выемке, относятся: блочность массива, характеризуемая диаметром естественной отдельности в массиве; прочность пород, определяемая пределом их прочности на сжатие; обводненность, оцениваемая коэффициентом влияния обводненности пород.

Для осадочных пород типичным является наличие трех систем трещин: трещин напластований и двух систем трещин, секущих напластования практически перпендикулярным напластованиям, что обуславливает их блочную структуру (рис. 1). Секущие трещины 2 в слоях напластований 1 формируют в массиве блочную структуру из естественных отдельностей.

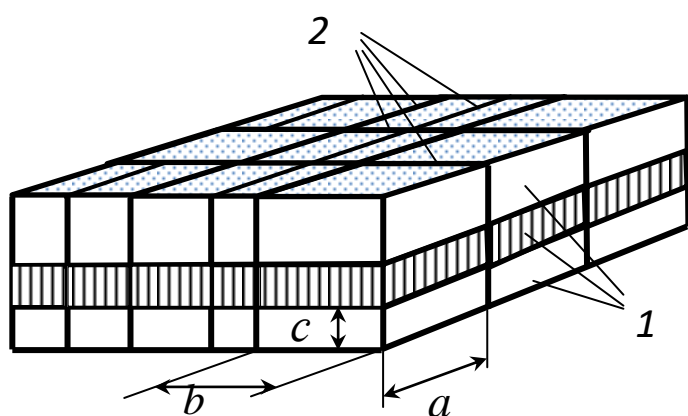


Рис. 1. Схема к определению диаметра естественной отдельности:

a – длина; b – ширина;
 c – высота отдельности

Диаметром естественной отдельности в массиве называется средневзвешенный по объему максимальный линейный размер совокупности отдельностей массива.

В общем случае для осадочных пород угольных разрезов существует статистическая закономерность для определения объемным методом диаметра естественной отдельности:

$$d_e = 1,53c_{cp} \left(1 + \frac{k}{3}\right), \quad (1)$$

где c_{cp} – среднее расстояние между трещинами напластований, м; k – коэффициент, равный 3, при объемном методе измерения естественных отдельностей.

Таблица 1

Исходные данные

№ п/п	Наименование параметра	Варианты задания					
		1	2	3	4	5	6
1	Тип экскаватора	ЭКГ-5	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15	ЭКГ-20А
2	Длина блока $L_{бл}$, м	80	90	100	85	92	103
3	Среднее расстояние между трещинами напластований c_{cp} , м	0,4	0,2	0,3	0,6	0,35	0,5
4	Высота столба воды в скважине h_b , м	2,8	3,0	2,8	2,8	5,7	3,2
5	Ширина взрываемого блока $A_{бл}$, м	43	47	38	40	39	41
6	Угол между направлением скорости упругой волны в массиве и линией откоса уступа α_0 , град.	45	90	60	30	75	65
7	Плотность забойки $\rho_{заб}$, кг/м ³	1800	1600	1700	1990	2000	1900
8	Показатель характеристики грунта в основании охраняемого объекта K_r	12	15	20	12	20	15
9	Тип охраняемого объекта K_c	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0
10	Номер блока на схеме проведения массового взрыва (рис. 10)	4	7	8	9	5	3

Продолжение таблицы 1

Исходные данные

№ п/п	Варианты задания								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15	ЭКГ-20	РН-2800	WK-34	ЭКГ-17	ЭГ-350	ЭКГ-5Н
2	100	100	105	80	115	120	85	90	85
3	0,3	0,5	0,4	0,45	0,55	0,4	0,29	0,1	0,26
4	2,8	5,9	2,4	8,3	4,8	9,9	3,9	3,1	2,6
5	38	43	46	38	40	42	41	46	35
6	60	75	60	45	50	30	45	90	75
7	1700	1600	1500	1700	1800	1900	1600	2000	2100
8	20	12	20	15	12	20	15	12	20
9	1,5	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0
10	8	2	1	11	12	13	14	10	6

Между диаметром естественной отдельности и прочностью, а также крепостью по шкале проф. М. М. Протодяконова для пород, слагающих массивы угольных месторождений, существует взаимосвязь:

$$\sigma_{сж} = \frac{d_e}{0,02}; \quad d_e = 0,2 f, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа; f – коэффициент крепости породы по шкале проф. М. М. Протодяконова, ед.

$$f = 0,1\sigma_{сж} . \quad (3)$$

Вскрышные породы угольных разрезов разделены на пять категорий по блочности (приложение 2).

Обводненность пород определяется по высоте столба воды в скважинах. При высоте столба воды в пределах 2-х метров скважины считаются сухими.

Вывод о том, в каких горнотехнических условиях проектируется массовый взрыв.

2. Выбор средств бурения взрывных скважин

Обеспечение рациональной степени взрывной подготовки пород к выемке экскаваторами с различной вместимостью ковша на угольных разрезах достигается применением соответствующих диаметров скважинных зарядов. В настоящее время на большинстве карьеров скважины могут быть пробурены станками шарошечного бурения (приложение 3).

Выбор диаметра взрывных скважин определяется категорией вскрышных пород по блочности (приложение 4).

Диаметр долота выбирается в соответствии с ГОСТ 20692-2003 «Долота шарошечные», мм: 98,4; 114,3; 117,5; 120,6; 127,0; 130,2; 132,0; 139,7; 146,0; 151,0; 161,0; 165,1; 171,4; 187,3; 190,5; 200,0; 212,7; 215,9; 222,3; 238,1; 241,3; 244,5; 250,8; 269,9; 295,3; 304,8; 311,1; 320,0.

Вывод о том, какой выбран буровой станок и диаметр бурения по долоту.

3. Выбор промышленных ВВ

Цель: Выбрать рациональный ассортимент ВВ для скважинных зарядов.

Теория. В сухих скважинах и при высоте столба воды до 2 м выбирают неводоустойчивые ВВ. В остальных случаях для заряжения обводненной части скважины используется водоустойчивое ВВ, а выше уровня воды скважину можно заряжать и неводоустойчивым ВВ (приложение 5).

Вывод о том, какие ВВ выбраны для заряжения скважин.

4. Расчет основных параметров скважинных зарядов

Цель. Обосновать удельный расход ВВ, параметры сетки скважин и угол их наклона.

Теория. К основным параметрам расположения скважинных зарядов относятся: длина скважины, глубина перебура, размеры заряда ВВ с учетом его конструкции, длина забойки, масса заряда ВВ в скважине, расстояние между скважинами и рядами скважин, величина линии сопротивления по подошве уступа и число рядов скважин (рис. 2 и 3).

Высота уступа (м) принимается кратно 5 м в зависимости от типа выемочно-погрузочного оборудования,

$$h_y \leq 1,5N_{\text{чmax}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{чmax}}$ – высота черпания, м (приложение б).

Глубина перебура скважин

$$l_{\text{пер}} = (0,6f + 3)d_d = 3d_d(1 + d_e), \quad (5)$$

где f – коэффициент крепости породы по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова, ед.; d_d – диаметр скважины по долоту, м; d_e – диаметр естественной отдельности, м.

Длина скважин, м:

$$l_{\text{скв}} = \frac{h_y + l_{\text{пер}}}{\sin \beta}, \quad (6)$$

где h_y – высота уступа, м; β – угол наклона скважин относительно горизонта, град...

Угол наклона скважин к горизонту β рекомендуется принимать:

- в породах I категории по блочности $\beta = 90$ град.;
- в породах II–V категории по блочности $\beta = 75$ град.

Длина забойки устанавливается из условия максимально возможной передачи дробящего действия взрыва разрушаемому массиву, м:

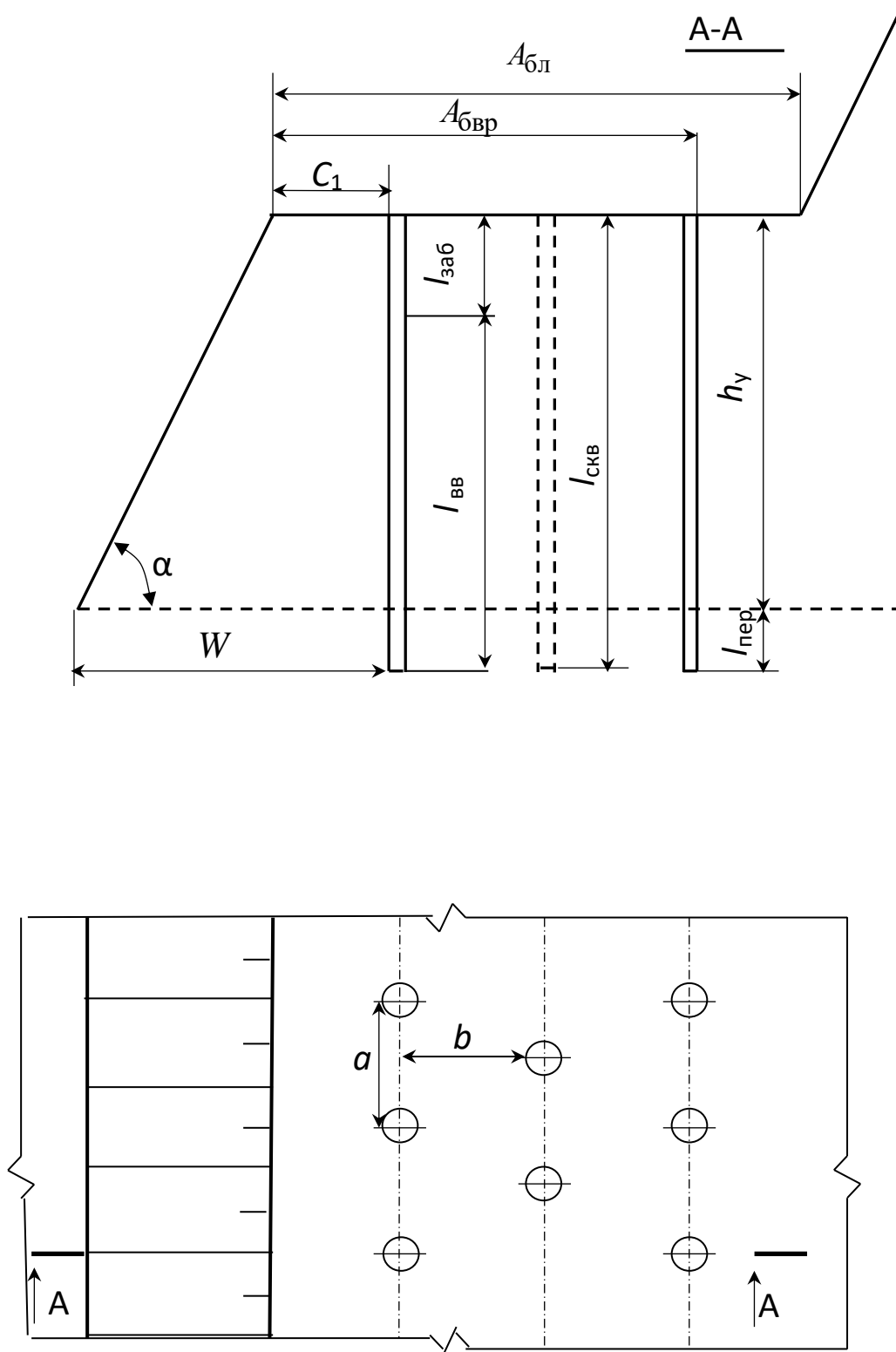


Рис. 2. Схема пространственного расположения вертикальных скважин по шахматной сетке

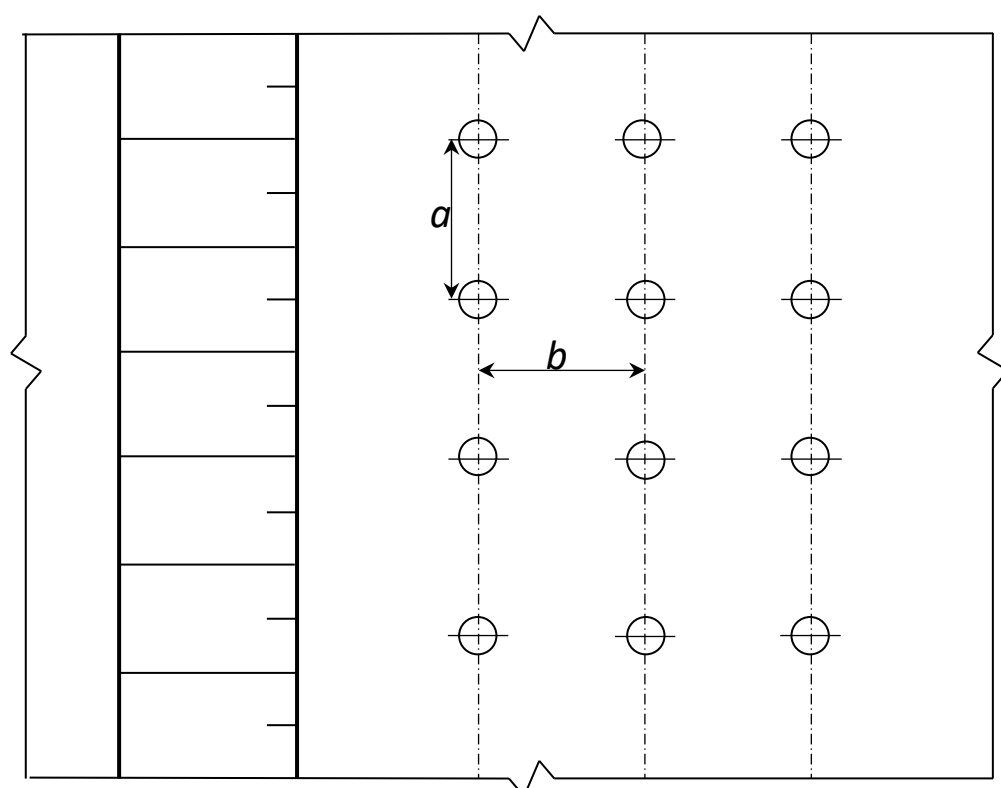
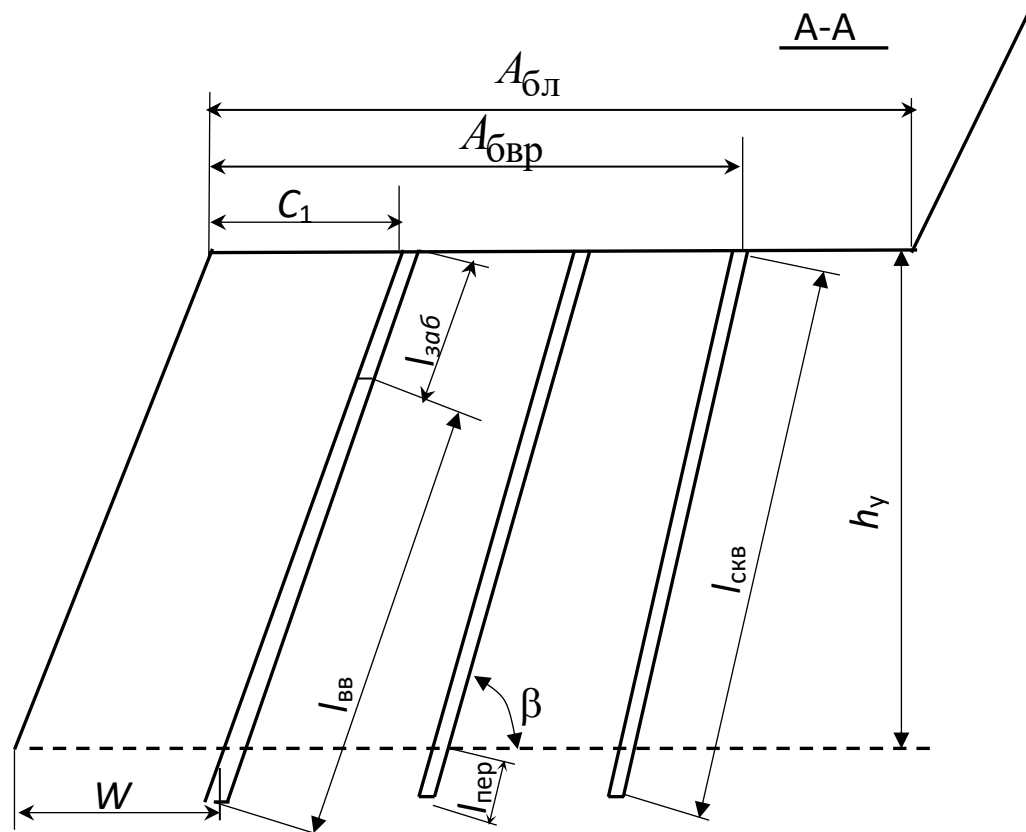


Рис. 3. Схема пространственного расположения наклонных скважин по прямоугольной сетке

$$l_{\text{заб}} = 0,6d_{\text{д}}f + 25 \cdot \frac{d_{\text{д}}^{0,75}}{f^{0,5}}. \quad (7)$$

Длина колонки заряда ВВ сплошной конструкции, м:

$$l_{\text{ВВ}} = l_{\text{СКВ}} - l_{\text{заб}}. \quad (8)$$

Масса скважинного заряда, кг:

$$Q_{\text{з}} = P \cdot l_{\text{ВВ}}, \quad (9)$$

где P – вместимость 1 м скважины, кг.

Расчетная вместимость скважины, кг/м:

$$P = \frac{\pi[(1 + \Delta_{\text{СКВ}})d_{\text{д}}]^2}{4} \rho_{\text{ВВ}} \cdot 1000, \quad (10)$$

где $\pi = 3,14$; $\rho_{\text{ВВ}}$ – плотность ВВ, т/м³; $d_{\text{д}}$ – диаметр бурения по долоту, м; $\Delta_{\text{СКВ}}$ – относительное превышение фактического диаметра скважины над диаметром бурения по долоту, доля ед.

При шарошечном или пневмоударном бурении относительное превышение фактического диаметра скважин над диаметром бурения по долоту составляет:

$$\Delta_{\text{СКВ}} = \frac{0,12}{1 + 0,0045 f^{2,7}}. \quad (11)$$

При взрывании вскрышных пород используются сплошные однородные и комбинированные заряды. В комбинированных зарядах обводнённая часть скважины заряжается водоустойчивыми ВВ, сухая часть – неводоустойчивыми ВВ.

Сплошные простые и комбинированные заряды (рис. 4 а).

В состав простых зарядов входят взрывчатые вещества одной марки и промежуточный детонатор. Комбинированные сплошные заряды формируются из взрывчатых веществ двух или более марок и промежуточных детонаторов, расположенных в каждой части заряда.

При высоте уступа более 15 м для качественной подготовки породы к выемке заряд ВВ целесообразно рассредоточивать воздушным или иным инертным промежуточком на части.

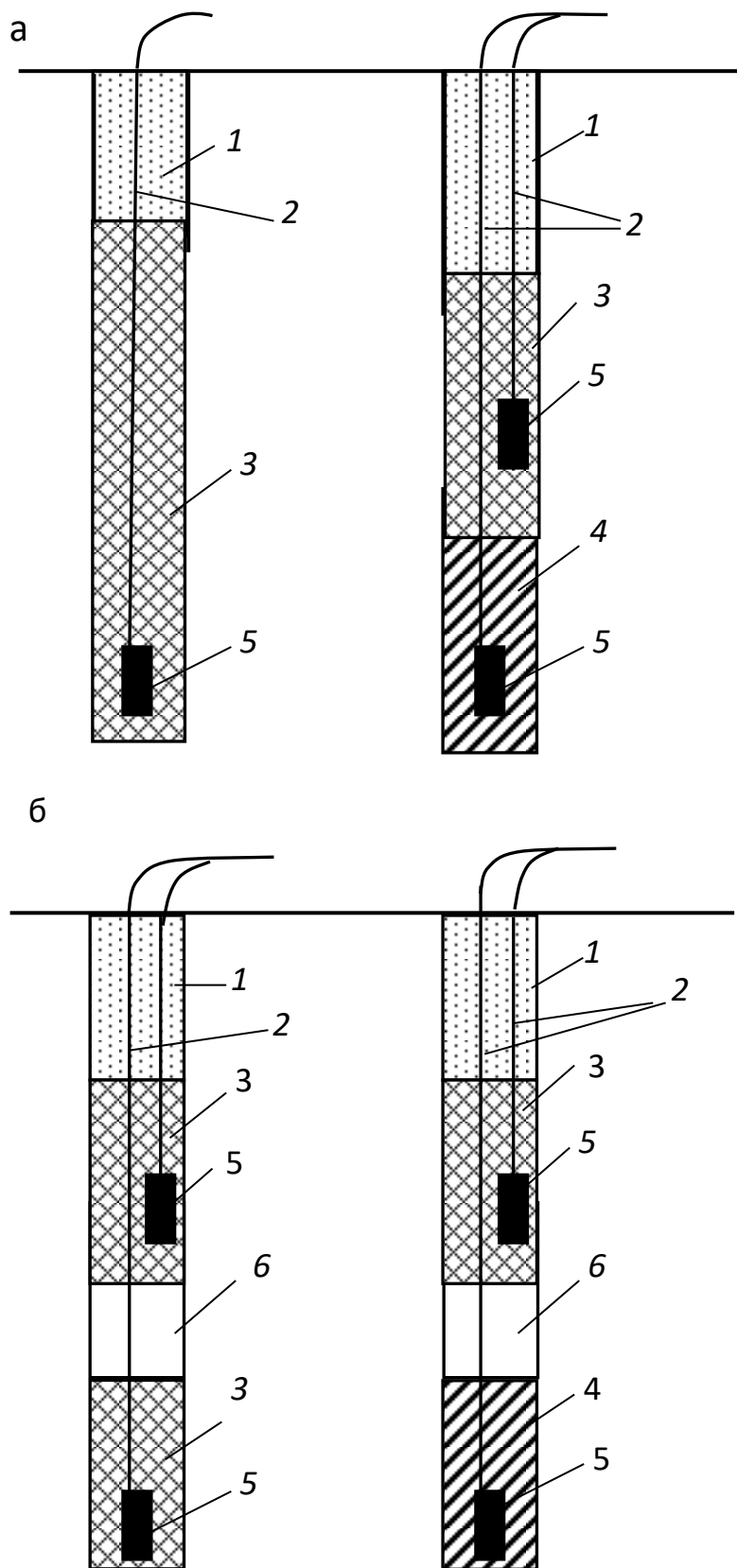


Рис. 4. Конструкции скважинных зарядов:
 а) сплошных; б) рассредоточенных: 1 – забойка; 2 – ДШ, УВТ или электропровод; 3 – гранулированное ВВ; 4 – эмульсионное ВВ; 5 – ПД; 6 – инертный промежуток

При рассредоточении колонки заряда ВВ на две части длину воздушного промежутка рассредоточения ($l_{\text{пр.р}}$, м) целесообразно принимать:

- для легковзрываемых пород (0,3–0,4) $l_{\text{ВВ}}$;
- для пород средней взрываемости (0,2–0,3) $l_{\text{ВВ}}$;
- для трудновзрываемых пород (0,15–0,2) $l_{\text{ВВ}}$.

Масса нижней и верхней частей рассредоточенного заряда составят:

$$Q_{3.p}^{(H)} = 0,65 \cdot P \cdot (l_{\text{ВВ}} - l_{\text{пр.р}}); \quad Q_{3.p}^{(B)} = 0,35 \cdot P \cdot (l_{\text{ВВ}} - l_{\text{пр.р}}), \quad (12)$$

где $l_{\text{ВВ}}$ – длина сплошного заряда, м; $l_{\text{пр.р}}$ – длина промежутка рассредоточения, м.

Рассредоточенные простые и комбинированные заряды представлены на рис. 4 б.

Определение расчетного удельного расхода ВВ

$$q_p = k_{\text{ВВ}} \cdot f \cdot [1 + 0,15(0,2f - 1)k_{\text{обВ}}] \cdot (x_1 d_d + x_2) E^{x_3}, \quad (13)$$

где $k_{\text{ВВ}}$ – поправочный коэффициент работоспособности ВВ относительно эталонного (приложение 5), ед.; f – коэффициент крепости взрывающей породы по шкале проф. М. М. Протодыжкова, ед.; d_d – диаметр скважин по долоту, м; x_1, x_2, x_3 – безразмерные коэффициенты, определяющие значимость типоразмеров оборудования экскаватора (табл. 2); $k_{\text{обВ}}$ – коэффициент обводненности, доля ед.;

Таблица 2

Значения безразмерных коэффициентов

Типоразмер экскаватора	Значения коэффициентов		
	x_1	x_2	x_3
ЭКГ, $E \leq 20$	0,51	–0,003	–0,11
ЭКГ, $E > 20$	0,346	+0,003	0
ЭКГ-у, -ус	0,50	–0,002	–0,09
ЭГО	0,50	–0,0065	–0,05
ЭШ	0,55	–0,004	–0,08

Коэффициент обводненности скважины:

$$k_{\text{обв}} = \frac{h_{\text{в}}}{l_{\text{скв}}} \quad (14)$$

где $h_{\text{в}}$ – высота столба воды, м; $l_{\text{скв}}$ – глубина скважины, м.

Расчетные размеры сетки скважин:

$$a = \left(\frac{m \cdot Q_3}{q_p \cdot l_{\text{скв}} \cdot \sin \beta} \right)^{0,5}; \quad b = \frac{a}{m}, \quad (15)$$

где a – расстояние между скважинами в ряду, м; b – расстояние между рядами скважин, м; q_p – расчетный удельный расход ВВ, кг/м³; β – угол наклона скважин, град.; Q_3 – масса скважинного заряда, кг; m – коэффициент сближения скважин (для легко взрывааемых пород $m = 1,15$; для пород средней взрываемости $m = 1,0$ и для трудновзрывааемых пород $m = 0,9$).

Форму сетки скважин рекомендуется устанавливать с учетом угла между направлением максимальной скорости упругой волны в массиве и линией откоса уступа (рис. 5). Если этот угол находится в интервале от 30 до 60 град., следует принимать прямоугольную сетку скважин. В остальных случаях принимают шахматную сетку скважин.

Количество рядов скважин в типовых условиях определяется применяемой технологией. Так при транспортной технологии принимают от 3 до 7 рядов, а при бестранспортной до 10 рядов скважин.

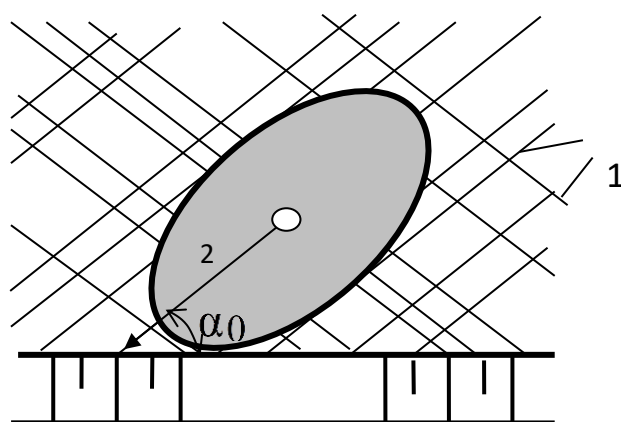


Рис. 5. Взаимосвязь между трещиноватостью массива и скоростью продольной волны: 1 – следы систем секущих трещин; 2 – направление максимальной скорости продольной волны в массиве; α_0 – угол встречи направления максимальной скорости продольной волны в массиве с верхней бровкой откоса уступа

Количество рядов скважин (шт.) принимается как целая часть отношения

$$n = A_{\text{бл}} / b, \quad (16)$$

где $A_{\text{бл}}$ – ширина взрываемого блока, м.

Затем уточняется ширина буровзрывной заходки, м

$$A_{\text{бвр}} = b \cdot n. \quad (17)$$

Линия сопротивления по подошве уступа, м

$$W_{\text{б}} \leq W \leq W_{\text{max}}, \quad (18)$$

$$W_{\text{б}} = h_y \cdot (\text{ctg}\alpha - \text{ctg}\beta) + C_1; \quad W_{\text{max}} = (50 - 8,5 \cdot d_e) \cdot d_d, \quad (19)$$

где h_y – высота уступа, м; $W_{\text{б}}$ – линия сопротивления по подошве уступа из условия обеспечения безопасного бурения первого ряда, м; W_{max} – максимально преодолеваемая линия сопротивления по подошве уступа, м; α – угол откоса уступа, град.; β – угол наклона скважин, град.; $d_{\text{СКВ}}$ – диаметр скважины по долоту, м; C_1 – минимально допустимое расстояние от оси скважины от верхней бровки уступа, м;

$$C_1 = h_y (\text{ctg}\alpha_y - \text{ctg}\alpha) \geq 3, \quad (20)$$

где α , α_y – соответственно рабочий и устойчивый углы откоса уступа, град. (при отработке скальных пород принимают $\alpha = 75$ град.; $\alpha_y = 60$ град.).

Проектный удельный расход применяемого ВВ, кг/м³:

$$q_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зар.р}}}{a \cdot b \cdot l_{\text{СКВ}}}. \quad (21)$$

На основании выполненных расчетов необходимо изобразить схему пространственного расположения скважин с нанесением параметров сетки (см. рис. 2 и 3) и конструкцию скважинного заряда (см. рис. 4 а, б).

5. Оценка качества дробления породы взрывом

Прогноз оценки качества дробления породы в развале при массовом взрыве можно провести по расчету диаметра среднего по объему куска взорванной горной массы, м:

$$d_{\text{ср}} = \frac{5d_{\text{д}}d_{\text{е}}}{5d_{\text{д}} + \frac{q_{\text{пр}}}{k_{\text{ВВ}}}d_{\text{е}}} \quad (22)$$

где $d_{\text{д}}$ – диаметр скважин по долоту, м; $d_{\text{е}}$ – диаметр естественной отдельности, м; $q_{\text{пр}}$ – проектный удельный расход применяемого ВВ, кг/ м³; $k_{\text{ВВ}}$ – поправочный коэффициент работоспособности ВВ, ед.

Выход негабаритной массы по ковшу экскаватора, %:

$$\varphi(x) = (x/d_{\text{ср}})^4 - 0,53(x/d_{\text{ср}})^5, \quad (23)$$

где $x = 0,75 \cdot E^{0,33}$, м.

Ожидаемая ширина развала взорванной породы (м):

$$B = A_{\text{бвр}} + (11 - 0,055\beta)\sqrt{h_{\text{у}}}^5, \quad (24)$$

где $A_{\text{бвр}}$ – ширина буровзрывной заходки, м; β – угол наклона скважин к горизонту, град.; $h_{\text{у}}$ – высота вскрышного уступа, м.

6. Определение интервалов замедления короткозамедленного взрывания

Цель. Выбор рациональных интервалов замедления.

Теория. Интервал замедления между инициированием зарядов смежных скважин в ряду должен превышать время замедления взрывов зарядов смежных рядов

$$t_a > t_b, \quad (25)$$

где t_a – интервал замедления между скважинными зарядами в магистральном ряду, мс; t_b – интервал замедления между рядами скважинных зарядов, мс.

Ориентировочно интервал замедления в магистральном ряду, необходимый для образования трещин, определяется

$$t_a = 20a / C, \quad (26)$$

где a – расстояние между скважинами в ряду, м; C – скорость продольной волны в массиве, м/с.

Рациональные интервалы замедления t_a корректируются с учетом номиналов замедлений пиротехнических замедлителей системы Искра-П (приложение 7).

Время замедления между зарядами в смежных рядах t_b определяется по табл. 3.

Таблица 3
Выбор номиналов замедлений устройств «Искра-С»

Время замедления, мс			Количество продольных рядов, шт.					
			5		10		15	
t_a	t_b	t_c	n_{\max}	V_m	n_{\max}	V_m	n_{\max}	V_m
67	42	500	4	43	7	46	9	47
109	67	1000	4	46	7	53	8	52
	42	1000	5	46	8	54	8	53
176	109	1000	3	36	5	49	6	52
	67	1000	3	35	5	49	6	48
	42	1000	3	36	5	49	7	52
	25	1000	4	41	5	49	6	51
200	176	2000	4	43	5	50	7	53
	109	2000	3	35	5	51	7	54
	67	2000	4	39	5	52	7	53
	42	2000	4	38	5	51	6	53
	25	2000	4	42	5	51	6	53
350	200	2000	3	28	4	42	5	46
	176	2000	3	33	4	46	5	53
	109	2000	3	28	4	41	5	48
	67	2000	3	27	4	40	5	47
	42	2000	3	34	4	45	5	48
	25	2000	4	40	5	44	5	50

Примечания:

t_a – межскважинное замедление в магистрали, мс; t_b – межскважинное замедление в дочерних рядах, мс; t_c – внутрискважинное замедление, мс; n_{\max} – максимальное количество зарядов в группе, шт.; V_m – коэффициент вариации массы ВВ в группах;

Вывод о том, какие средства инициирования скважинных зарядов выбраны для монтажа взрывной сети.

Пример 1

Расчет параметров БВР

Горнотехнические условия проведения массового взрыва

Показатель	Обозначение	Величина
Среднее расстояние между трещинами, м	c_{cp}	0,52
Угол наклона скважин к горизонту, град.	β	75
Тип экскаватора		ЭКГ-10
Емкость ковша экскаватора, м ³	E	10
Безразмерные коэффициенты, определяющие значимость типоразмеров оборудования экскаватора:	x_1	0,51
	x_2	-0,003
	x_3	-0,11
Ширина взрываемого блока, м	$A_{\text{бл}}$	47
Длина взрываемого блока, м	L	150
Высота столба воды в скважинах, м	$h_{\text{в}}$	5
Угол откоса уступа, град.	α	70
Применяемое ВВ		Сибирит-1200
Плотность ВВ, т/м ³	$\rho_{\text{ВВ}}$	1,25
Коэффициент работоспособности ВВ, ед.	$k_{\text{ВВ}}$	1,3
Скорость продольных волн в массиве, м/с	C	1500
Угол между направлением максимальной скорости упругой волны в массиве и линией откоса уступа, град.	α_0	65

Диаметр естественной отдельности, м

$$d_e = 1,53c_{cp} \left(1 + \frac{k}{3}\right) = 1,6.$$

Коэффициент крепости взрываемой породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова, ед.

$$f = 0,2d_e = 8.$$

Диаметр бурения скважин, м

Выбирается долото в соответствии с ГОСТ 20692-2003 и рекомендациями (см. приложения 2–4), $d_{\text{д}} = 0,2159$.

Высота уступа, м

$$h_{\text{у}} \leq 1,5H_{\text{чmax}} \leq 20,25.$$

Принимаем 15 м.

Перебур скважины, м

$$l_{\text{п}} = (0,6f + 3)d_{\text{д}} = 1,684.$$

Принимаем $l_{\text{п}} = 1,7$ м.

Длина скважин, м:

$$l_{\text{СКВ}} = \frac{h_{\text{у}} + l_{\text{п}}}{\sin \beta} = 17,3.$$

Принимаем $l_{\text{СКВ}} = 17$ м.

Длина забоечного пространства, м:

$$l_{\text{заб}} = 0,6d_{\text{д}}f + 25 \cdot \frac{d_{\text{д}}^{0,75}}{f^{0,5}} = 3,8.$$

Длина колонки сплошного заряда ВВ, м:

$$l_{\text{ВВ}} = l_{\text{СКВ}} - l_{\text{заб}} = 13,2.$$

Вместимость 1 м скважины, кг/м:

$$P = \frac{\pi \cdot [(1 + \Delta_{\text{СКВ}})d_{\text{д}}]^2}{4} \rho_{\text{ВВ}} \cdot 1000 = 50,8,$$

где $\pi = 3,14$; $\Delta_{\text{СКВ}}$ – относительное превышение фактического диаметра скважин над диаметром бурения по долоту, дол. ед.

$$\Delta_{\text{СКВ}} = \frac{0,12}{1 + 0,0045f^{2,7}} = 0,054.$$

Масса сплошного заряда ВВ в скважине, кг:

$$Q_{\text{зар}} = P \cdot l_{\text{ВВ}} = 671.$$

Расчетный удельный расход применяемого ВВ, кг/м³:

$$q_{\text{р}} = k_{\text{ВВ}} \cdot f \cdot [1 + 0,15(0,2f - 1)k_{\text{обВ}}] \cdot (x_1 d_{\text{д}} + x_2) E^{x_3} = 0,886,$$

где $k_{\text{обВ}}$ – коэффициент обводненности, дол. ед.:

$$k_{\text{обв}} = \frac{h_{\text{в}}}{l_{\text{скв}}} = 0,29.$$

Поскольку угол между направлением максимальной скорости упругой волны в массиве и линией откоса уступа составляет 70 град., то принимается шахматная сетка скважин.

Расчетные размеры сетки скважин:

$$a = \left(\frac{m \cdot Q_{\text{зар}}}{q_{\text{р}} l_{\text{скв}} \sin \beta} \right)^{0,5} = 7,28; \quad b = \frac{a}{m} = 6,33.$$

Принимаем $a = 7,0$ м $b = 6,5$ м.

При длине скважины более 15 м применяем рассредоточенный заряд.

Длина промежутка рассредоточения, м:

$$l_{\text{пр.р}} = (24 - 1,4 f) d_{\text{д}} = 2,76.$$

Принимаем $l_{\text{пр.р}} = 2,5$ м.

Масса рассредоточенного заряда ВВ в скважине, кг:

$$Q_{\text{зар.р}} = P \cdot (l_{\text{вв}} - l_{\text{пр.р}}) = 543.$$

Масса нижней и верхней частей рассредоточенного заряда, кг:

$$Q_{\text{зар.р}}^{(\text{н})} = 0,65 Q_{\text{зар.р}} = 353; \quad Q_{\text{зар.р}}^{(\text{в})} = Q_{\text{зар}} - Q_{\text{зар.р}}^{(\text{н})} = 190.$$

Линия сопротивления по подошве уступа, м

$$W_{\text{б}} = h_{\text{у}} (\text{ctg} \alpha - \text{ctg} \beta) + C_1 = 4,45;$$

$$W_{\text{max}} = (50 - 8,5 \cdot d_{\text{е}}) \cdot d_{\text{д}} = 7,8.$$

Для наклонных скважин условие $W_{\text{б}} \leq W = b \leq W_{\text{max}}$ выполняется.

Количество рядов скважин:

$$n = A_{\text{бвр.б}} / b = 7,3.$$

Принимаем $n = 7$ рядов.

Уточняем ширину буровзрывного блока, м:

$$A_{\text{бвр}} = n \cdot b = 45,5.$$

Проектный удельный расход применяемого ВВ, кг/ м³:

$$q_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зар.р}}}{a \cdot b \cdot l_{\text{скв}}} = 0,702.$$

Средний по объему диаметр куска взорванной горной массы, м:

$$d_{\text{ср}} = \frac{5d_{\text{д}}d_{\text{е}}}{5d_{\text{д}} + \frac{q_{\text{пр}}}{k_{\text{ВВ}}}d_{\text{е}}} = 0,8.$$

Степень дробления массива:

$$Z_{\text{р}} = d_{\text{е}} / d_{\text{ср}} = 2,01.$$

Ожидаемая ширина развала взорванной породы, м:

$$B = A_{\text{бвр}} + (11 - 0,055\beta)\sqrt{h_{\text{у}}} = 73,8,$$

Средний коэффициент разрыхления в развале:

$$k_{\text{р}} = 0,5 \cdot \left[3 - \left(\frac{A}{B} \right)^2 \right] = 1,3.$$

7. Выбор средств инициирования скважинных зарядов

Для обеспечения дробления породы взрывом используются неэлектрические средства инициирования (СИ) скважинных зарядов, в т. ч. огнепроводный шнур (ОШ) и средства его зажигания, детонирующий шнур (ДШ), капсули-детонаторы (КД), пиротехнические реле (РП) или системы инициирования волноводами СИНВ, Искра, Эдилин с различным временем замедления и промежуточные детонаторы (ПД) (приложение 7).

Для монтажа схемы инициирования с ударно-волновыми трубками (УВТ) неэлектрических систем СИНВ, Искра или Эдилин в скважины опускаются один из элементов: СИНВ-С, Искра-С или Эдилин (ДБИ-1) с подсоединенным к нему промежуточным детонатором. Затем концы скважинных УВТ подсоединяют к УВТ поверхностной сети, состоящей из СИНВ-П, Искра-П или Эдилин (ДБИ-2). В качестве примера монтажа сети с УВТ приведена схема (рис. 6).

По результатам расчета параметров БВР необходимо составить схему инициирования скважинных зарядов УВТ.

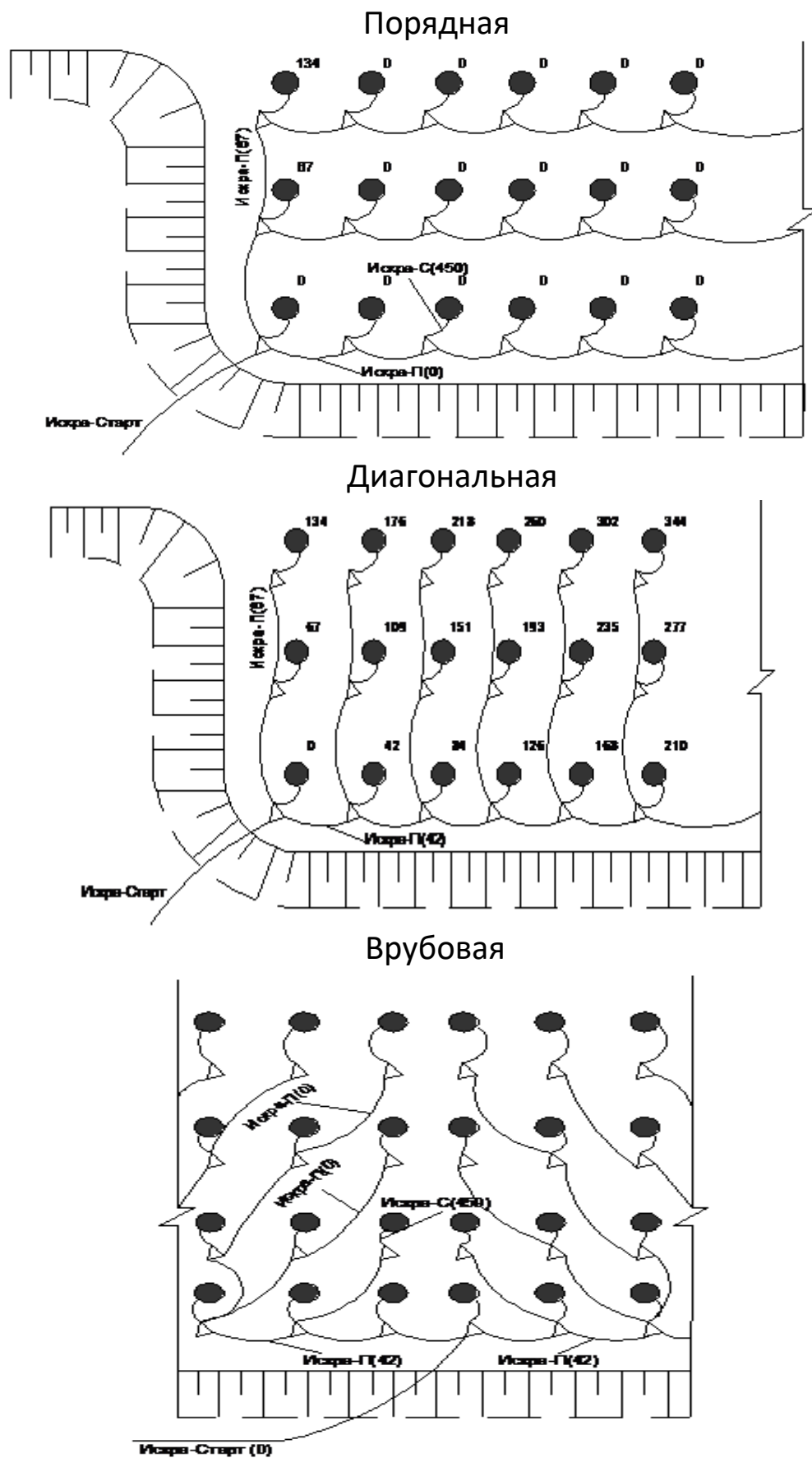


Рис. 6. Схемы иницирования зарядов с применением УВТ

Пример 2

Расчет параметров короткозамедленного взрывания

Время замедления между скважинами (t_a , с) в ряду взрываемых зарядов

$$t_a = 20 \frac{a}{C} = 0,093.$$

где a – расстояние между скважинами в ряду, м; C – скорость продольной волны в массиве, м/с.

Принимаем Искра-П с замедлениями $t_a = 109$ мс, Искра-С выбираем замедление $t_c = 1000$ мс.

Время замедления между рядами t_b скважинных зарядов выбираем из табл. 3. по минимальному количеству зарядов, взрываемых одновременно. Тогда $t_b = 67$ мс.

8. Дробление негабарита

8.1. Расчет количества негабарита

Негабаритными кусками породы при взрывной подготовке горной массы к выемке считаются такие, размеры которых не отвечают требованиям используемому выемочному оборудованию.

Размер габаритных кусков в горной промышленности:

$$Г = 0,75 \sqrt[3]{E}, \quad (27)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м³.

Исходные данные для расчетов по своему варианту (табл. 1) принять 0,1 % от объема взрываемого блока.

8.2. Способы дробления негабарита

Взрывные способы разрушения негабаритов подразделяются на следующие: без бурения шпуров (накладными и кумулятивными зарядами); с бурением шпуров (шпуровыми зарядами);

Накладные заряды (рис. 7).

Разрушение выполняется открытым зарядом, при этом на кусок негабарита укладывается ВВ, наружная забойка, и производится взрывание. В качестве ВВ, применяемого для дробления

негабаритов накладными зарядами, используется патронированный эмульсолит-П, сибирит-П, аммонит ПНП № 6 ЖВ. Забойка должна быть из бурового шлама по высоте не менее толщины слоя ВВ. Разрушение негабарита происходит под действием ударной волны.

Расход ВВ определяется с учетом объема негабаритных кусков и требуемого размера раздробленного куска.

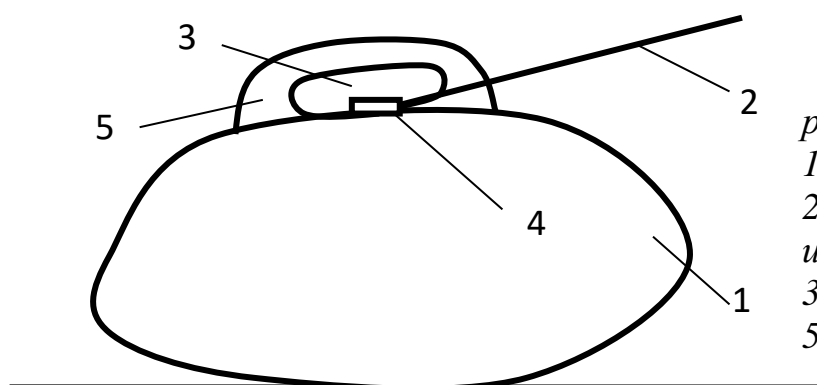


Рис. 7. Накладной заряд на негабарите:
1 – негабарит;
2 – шнур ДШ, УВТ или электропровод;
3 – заряд ВВ; 4 – СИ
5 – забойка

Масса зарядов ВВ определяется на один кусок негабарита:

$$Q_{\text{зар}} = V_{\text{н}}q, \quad (28)$$

где q – удельный расход ВВ, кг/м³; $V_{\text{н}}$ – объем негабарита, м³.

Ориентировочно объем негабарита:

$$V_{\text{н}} = \Gamma^3. \quad (29)$$

При разрушении негабаритных кусков накладными зарядами удельный расход ВВ определяется по табл. 4.

Таблица 4

Величина удельного расхода ВВ при взрывании накладными зарядами

Характеристика негабарита	Коэффициент крепости f	Удельный расход ВВ, кг/м ³
Песчаник на известковом и алевролит на карбонатном цементе	До 4	1,3
	5–9	1,4
Песчаник на карбонатно-кремнистом цементе	10–14	1,7
	15–20	2

При использовании **кумулятивных** зарядов (рис. 8) удельный расход ВВ определяется по табл. 5.

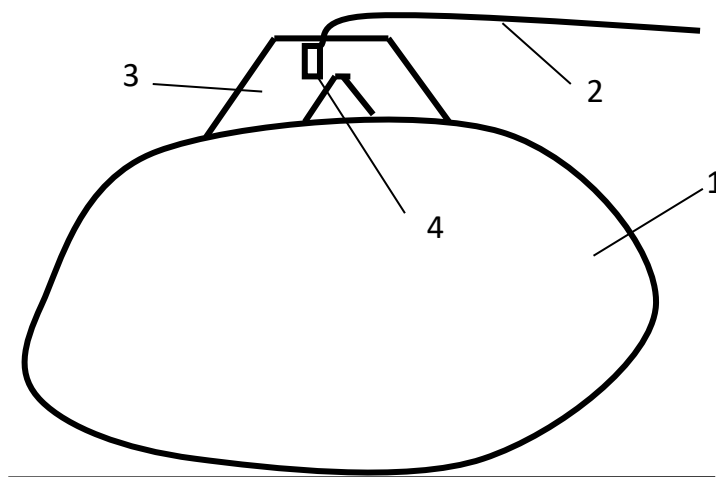


Рис. 8. Кумулятивный заряд на негабарите:
 1 – негабарит;
 2 – шнур ДШ, УВТ или электропровод;
 3 – кумулятивный заряд;
 4 – СИ

Таблица 5
 Характеристика кумулятивных зарядов

Обозначение	Способ изготовления	Масса, г	Параметры негабарита,	
			толщина, м	объем, м ³
ЗКН-500	Литой	500	1,0	1,0
ЗКН-1000	–	1000	1,2	2,0
ЗКН-2000	–	2000	1,6	3,1
ЗКН-4000	–	4000	2,0	5,0
ЗКП-200	Прессованный	245	0,8	1,0
ЗКП-400		475	2,0	1,6
ЗКП-1000	Литой	1229	1,4	4,0
ЗКП-2000	–	2179	2,2	6,0
ЗКП-4000	–	4000	2,8	10,0

8.3. Шнуровые заряды (рис. 9).

При дроблении негабаритов шнуровыми зарядами применяется патронированный аммонит 6ЖВ Ø 32 мм. Удельный расход ВВ при дроблении негабаритов шнуровыми зарядами составляет 0,2–0,3 кг/м³, причем с увеличением объема негабаритного куска он уменьшается. Масса шнурового заряда определяется из условия равномерного распределения ВВ по количеству шнуров. Свободная от заряда часть шнура заполняется забоечным материалом. Параметры шнуровых зарядов выбираются по табл. 6.

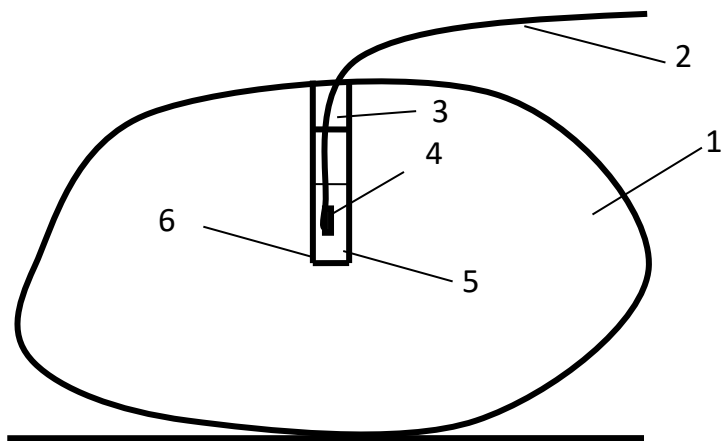


Рис. 9. Шнуровой заряд в негабарите:
 1 – негабарит;
 2 – шнур ДШ, УВТ или электропровод;
 3 – забойка;
 4 – СИ;
 5 – патрон ВВ;
 6 – шпур

Таблица 6
 Основные данные при разделке негабарита шнуровыми зарядами

Параметры взрывания	Объем негабарита, м ³								
	1	2	4	6	8	10	15	20	25
Глубина шпура, м	0,5	0,6	0,8	1	1	1,1	1,2	1,2	1,3
Количество шпуров, шт.	1	1	1	1	2	2	2	3	3
Вес заряда на 1 шпур, кг	0,25	0,25	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75

Негабариты располагаются вдоль уступа по фронту работы экскаватора в один ярус по высоте, но не ближе 4÷5 м от борта уступа, при этом откос уступа не должен иметь навесей и козырьков.

В зависимости от конфигурации негабаритных кусков, их обруивают следующими способами:

а) негабариты кубической формы – шпуры бурят в центре куска, количество шпуров и их глубина зависят от объема негабарита;

б) негабариты удлиненной и плоской формы – глубина шпуров должна быть не менее 0,5 толщины куска, количество и расположение шпуров должны выбираться таким образом, чтобы ЛНС и расстояние между шпурами были не менее глубины шпура.

8.4. Схема инициирования взрывной сети

Инициирование зарядов ВВ осуществляется от детонирующего шнура, УВТ или электровзрывной сетью. Используя результаты расчетов по варианту составить схему взрывания негабаритов с использованием УВТ, привязав ее к схеме инициирования скважинных зарядов. Заряд на негабарит (накладной, кумулятивный или шпуровой) выбрать самостоятельно.

Шпуровые заряды одного негабарита должны взрываться одновременно, а отдельные заряды на разных негабаритах – последовательно с замедлением.

8.5. Меры безопасности при разделке негабаритов

При дроблении негабарита необходимо рассчитывать безопасные расстояния для людей по поражающему действию осколками породы (табл. 7, 8).

Таблица 7

Дальность разлета и радиус опасной зоны
в зависимости от массы шпурового заряда ВВ

Глубина шнура, м	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Масса заряда, кг	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Дальность разлета, м	224	198	130	190	92	124	88	86	115
Радиус опасной зоны для людей, м	300	300	250	300	200	250	200	200	250

Таблица 8

Безопасные расстояния в зависимости
от методов взрывания негабарита

Виды и методы взрывных работ	Максимально допустимые величины радиусов опасных зон, м	Примечание
Взрывание на открытых работах в грунтах и скальных породах:		Абсолютная суммарная величина одновременно взрывааемых наружных зарядов не должна превышать 20 кг ВВ
Метод наружных зарядов	Не менее 300 м	
Метод шпуровых зарядов	Не менее 200 м	

9. Расчет параметров опасных зон при взрывании скважинных зарядов

Цель. Обеспечение безопасности взрывных работ.

Теория. Безопасные расстояния и размеры опасных зон по разлету кусков породы при взрыве, действию ударной воздушной волны (УВВ), сейсмического действия взрыва (рис. 10) и допустимая величина одновременно взрываемых зарядов ВВ определяется в соответствии с требованиями ФНиП «Правила безопасности при взрывных работах».

9.1. Определение параметров зон, опасных по разлёту отдельных кусков породы

Расстояние опасное для людей по разлёту отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов, рассчитанных на разрыхляющее (дробящее) действие, определяется по формуле, м:

$$r_{\text{разл}} = 1250\eta_3 \sqrt{\frac{d \cdot f}{a(1 + \eta_{\text{заб}})}}, \quad (30)$$

где η_3 – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом; $\eta_{\text{заб}}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой; d – диаметр взрываемой скважины, м; f – коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова; a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами скважин (выбирается меньше из этих значений), м.

Коэффициент заполнения скважины забойкой $\eta_{\text{заб}}$ равен отношению длины забойки в скважине к длине свободной от заряда верхней части скважины. При полном заполнении забойкой свободной от заряда верхней части скважины $\eta_{\text{заб}} = 1$.

Коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом η_3 равен отношению длины заряда в скважине, к глубине пробуренной скважины.

Расчетное значение опасного расстояния $r_{\text{разл}}$ округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м.

Принимаемое $r_{\text{разл}}$ должно быть не меньше минимального безопасного расстояния, регламентируемого ФНиП «Правила безопасности при взрывных работах» (приложение 8).

9.2. Расчет расстояний, опасных по сейсмическому действию взрыва

Пиротехнические замедлители в силу своих конструктивных особенностей обеспечивают срабатывание зарядов группами. При одновременном (без замедления) взрывании массива горных пород на рыхление (дробление) группой из N зарядов с общей массой ВВ, безопасное расстояние (r_c , м) до охраняемого объекта по сейсмическому действию взрыва определяется по формуле

$$r_c = N^{1/6} K_{\Gamma} K_c (NQ_3)^{1/3} \leq [r_c], \quad (31)$$

где $[r_c]$ – фактическое расстояние от блока до охраняемого объекта (рис. 2.1), м; K_{Γ} – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого объекта (приложение 9); K_c – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки (приложение 10); Q_3 – масса скважинного заряда, кг.

Для конкретных условий K_{Γ} , K_c и расстояние от блока до охраняемого объекта $[r_c]$ и масса скважинного заряда ВВ известны. Поэтому необходимо подобрать такое значение количества скважин от 1 до N , при котором удовлетворяется условие $r_c \leq [r_c]$.

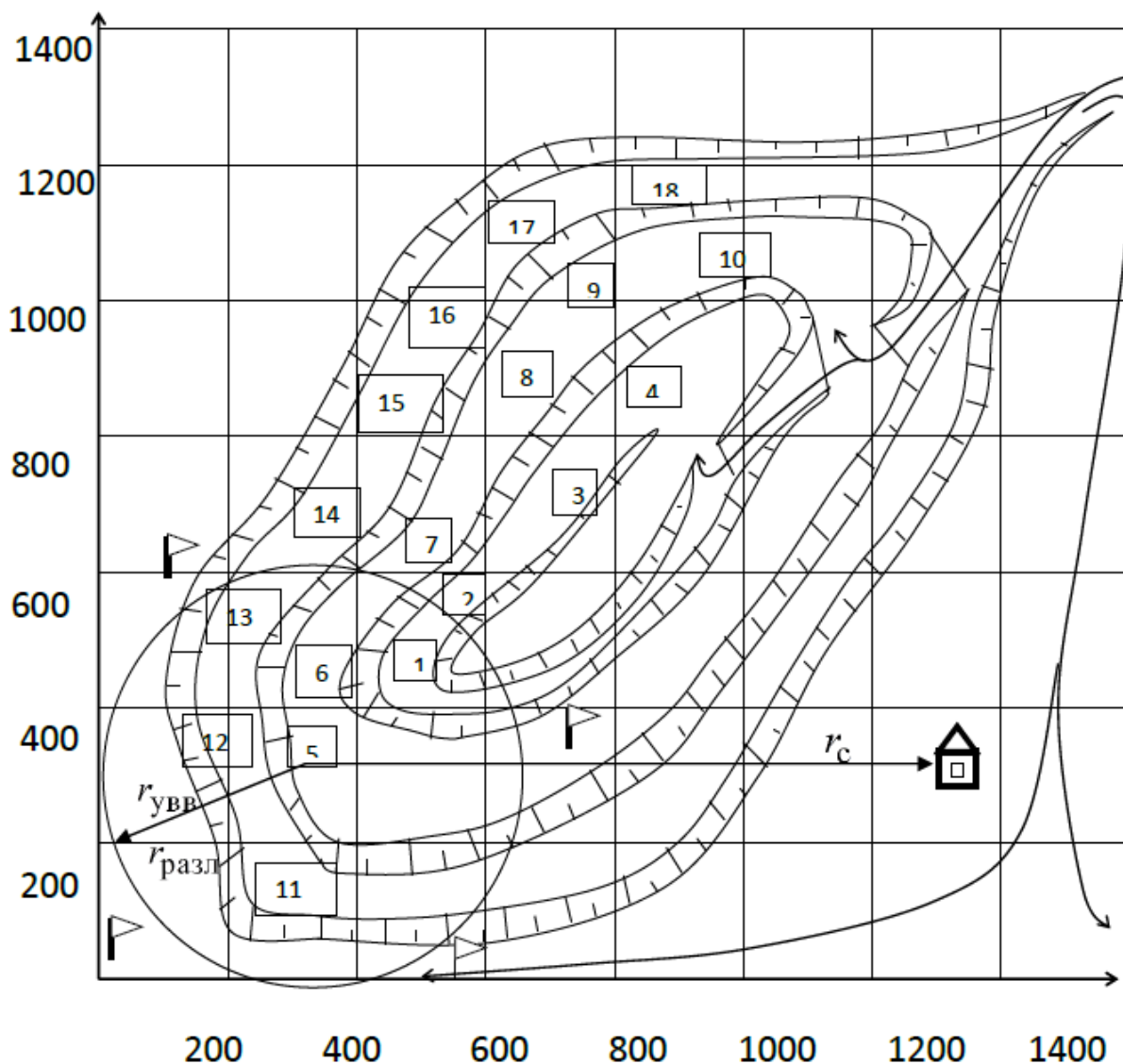


Рис. 10. Схема места проведения массового взрыва

5 – номер взрываемого блока

▧ – посты охраны опасной зоны;

🏠 – охраняемый объект;

r_c – расстояние от блока до охраняемого объекта;

$r_{\text{разл}}$ – радиус разлета отдельных кусков породы;

$r_{\text{УВВ}}$ – радиус действия УВВ.

9.3. Определение расстояний, опасных по действию ударной воздушной волны

Безопасные расстояния по действию ударной воздушной волны (УВВ) на земной поверхности для зданий и сооружений при полном отсутствии повреждений рассчитывают по формуле

$$r_{\text{УВВ}} = K_{\text{В}} \sqrt[3]{Q_{\text{с}}}, \quad (32)$$

где $Q_{\text{с}}$ – суммарная величина заряда в серии одновременно взрываваемых скважин, кг; $K_{\text{В}}$ – коэффициент, учитывающий влияние величины заряда в серии, ед. (при $Q_{\text{с}} < 20$ т коэффициент $K_{\text{В}} = 20$), а при $Q_{\text{с}} > 20$ т коэффициент $K_{\text{В}} = 200$).

За безопасное расстояние для людей принимается наибольшее из рассчитанных по ударной воздушной волне и разлету осколков.

По результатам расчета $r_{\text{разл}}$, $r_{\text{УВВ}}$ и $r_{\text{с}}$ на ситуационном плане (см. рис. 10) для своего варианта наносятся опасные зоны.

Пример 3

Расчет параметров опасных зон

Показатель	Обозначение	Величина
Коэффициент, зависящий от типа охраняемого объекта	$K_{\text{с}}$	1
Коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании	$K_{\text{Г}}$	8
Коэффициент, зависящий от условий взрывания	$\alpha_{\text{рых}}$	1

Определение опасного расстояния по разлету отдельных кусков, м:

$$r_{\text{разл}} = 1250 \eta_{\text{з}} \sqrt{\frac{f \cdot d}{a \cdot (1 + \eta_{\text{заб}})}} = 359$$

Коэффициент заполнения скважин взрывчатым веществом равен

$$\eta_{\text{з}} = \frac{l_{\text{ВВ}}}{l_{\text{СКВ}}} = 0,77.$$

Диаметр взрываваемой скважины (d , м) определяется с учетом его увеличения при бурении

$$d = d_d(1 + \Delta_{\text{СКВ}}) = 0,227$$

Расчетное значение опасного расстояния округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м и должно быть не меньше минимального безопасного расстояния, регламентируемого ФНиП ПБВР для скважинных зарядов рыхления (см. приложение 8).

Окончательно безопасное расстояние $r_{\text{разл}}$ принимаем равным 400 м.

Опасное расстояние по сейсмическому действию взрыва

При использовании НСИ Искра безопасное расстояние по сейсмическому действию взрыва при одновременном взрывании скважинных зарядов, м:

$$[r_c] = N^{1/6} K_{\Gamma} K_c (NQ_3)^{1/3} = 171 \text{ м} \leq [r_c]$$

Расстояние (r , м) до объекта на плане равно 1000 м, что больше расстояния (r_c , м) по сейсмическому действию взрыва. Условие по сейсмической безопасности взрыва выполняется.

Расстояние, безопасное по действию ударной воздушной волны (УВВ) при взрыве на земной поверхности, м:

$$r_B = K_B \sqrt[3]{Q_c} = 163$$

При отрицательной температуре воздуха расстояние увеличивается в 1,5 раза, что соответствует 244 м.

Таким образом, радиус опасной зоны для рассматриваемого взрыва принимаем по наибольшему из $r_{\text{разл}}$ и $r_{\text{УВВ}}$, т. е. 400 м.

Список рекомендуемой литературы

Основная

1. Катанов, И. Б. Буровзрывные работы на карьерах: учебное пособие / И. Б. Катанов, А. А. Сысоев. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2019. – 203 с. – Текст : непосредственный.

2. Репин, Н. Я. Подготовка горных пород к выемке: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело» / Н. Я. Репин – Москва: Мир горной книги, 2009. – 188 с. – Текст : непосредственный.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90701&type=utchposob:common>

3. Кутузов, Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Взрывное дело» направления подготовки «Горное дело» / Б. Н. Кутузов. – Москва: Мир горной книги, 2008. – 512 с. – Текст : непосредственный.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90701&type=utchposob:common>

Дополнительная

4. Катанов, И. Б. Технология и безопасность взрывных работ: учебное пособие для студ. спец. 130403 / И. Б. Катанов; КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 134 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90701&type=utchposob:common>
Текст : электронный.

5. Катанов, И. Б. Влияние взрывных работ на изменение качества атмосферы и гидросферы в условиях разрезов Кузбасса: учебное пособие. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2004. – 100 с. Текст : электронный.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90272&type=utchposob:common>

6. Технологические процессы при открытой добыче угля / Н. Я. Репин, В. Б. Артемьев, Л. Н. Репин, П. И. Опанасенко. – Москва: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2015. – 560 с. – Текст : непосредственный.

7. Кутузов, Б. Н. Методы ведения взрывных работ ч. 1 Разрушение горных пород взрывом: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Взрывное дело» направления подготовки «Горное дело» / Б. Н. Кутузов. – Москва: Горная книга, 2007. – 471 с. – Текст : непосредственный.

Нормативные документы

8. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями, вступающими в силу с 1 января 2014 г. – Текст : непосредственный.

9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом». Утв. приказом Ростехнадзора от 20.11.2017 № 488 (зарегистрированы в Минюсте России от 12.02.2018 № 49999). – 144 с. – Текст : непосредственный.

10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013 № 599). – 212 с. – Текст : непосредственный.

11. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». Сер. 13. Вып. 14 (с изм. от 30.11.2017 № 518). – Москва : ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 332 с. – Текст : непосредственный.

12. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 028/2012 «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе». Принят решением СЕЭК от 20.06.2012 № 57. – Текст : непосредственный.

Приложение 1

Министерство науки и образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ

Выполнил студент гр. ГОс-_____ ФИО

Проверил _____

Кемерово 20_____

Приложение 2

Некоторые обобщенные сведения о свойствах горных пород из классификаций массивов по трещиноватости и блочности

Категории и степень трещиноватости (блочности)	Свойства пород			
	среднее расстояние между естественными трещинами c_{cp} , м	диаметр естественной отдельности d_e , м	предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа	скорость продольной волны C , м/с
I. Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	< 0,1	< 0,8	< 40	< 1200
II. Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1–0,5	0,8–1,2	40–60	1200–1500
III. Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5–1,0	1,2–1,6	60–80	1500–1800
IV. Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0–1,5	1,6–2,0	80–100	1800–2000
V. Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	> 1,5	> 2,0	> 100	> 2000

Приложение 3

Технологическая характеристика станков шарошечного бурения

Модель	Предел прочности пород на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа	Диаметр скважины d , м	Глубина бурения, h , м	Угол наклона скважины к горизонтали β , град.
СБШ-160/200-40	40–180	0,160–0,215	до 40	60, 75, 90
ЗСШБ-200-60	60–140	0,200; 0,250	до 60	60–90
6СШБ-200-32	60–140	0,200; 0,250	до 40	60–90
DM-3M	60–140	0,251–0,311	до 61	60, 75, 90
DML	60–200	0,190–0,270	до 54,9	60, 75, 90

Приложение 4

Рекомендуемые значения диаметров скважин для карьеров

Категория пород по блочности (трещиноватости)	Условный диаметр скважин d , м
Мелкоблочные (I и II)	$> 0,250$
Среднеблочные (III)	$0,190-0,250$
Крупноблочные (IV и V)	$< 0,190$

Приложение 5

Характеристики ВВ для открытых работ

Тип ВВ	Условия применения		Скорость детонации $D_{ВВ}$, км/с	Плотность $\rho_{ВВ}$, г/м ³	Коэффициент работоспособности $k_{ВВ}$, ед.
	крепость пород*	сухие/обводненные			
Аммонит 6ЖВ	средняя	сухие	3,6–4,8	0,85	1,00
Гранулит УП	средняя	сухие	2,0–2,5	0,95	1,10
Гранулит РД	средняя	сухие	3,6–3,8	1,12	1,10
Гранулит ПС	средняя	сухие	4,0–4,5	0,9	1,10
Гранулит М	средняя	сухие	2,5–3,8	0,9	1,13
Гранулит АС-4	средняя	сухие	2,6–3,5	0,85	0,98
Гранулит АС-8	средняя	сухие	3,0–3,6	0,85	0,89
Граммонит 79/21	средняя	сухие	3,2–3,6	0,90	1,00
Граммонит 50/50	крепкие	обводн.	3,6–4,2	0,95	1,01
Граммонит 30/70	крепкие	обводн.	3,8–4,5	0,98	1,26
Гранулотол	крепкие	обводн.	4,0–4,6	1,00	1,20
Игданит	средние	сухие	2,2–2,8	0,80	1,13
Ифзанит Т-20	крепкие	обводн.	4,0–4,5	1,30	1,20
Ифзанит Т-60	крепкие	обводн.	5,0–5,5	1,45	1,10
Ифзанит Т-80	крепкие	обводн.	5,2–5,5	1,50	1,08
Карбатол ГЛ-10В	крепкие	обводн.	4,0–5,0	1,50	1,39
Карбатол 15-Т	крепкие	обводн.	4,0–5,0	1,60	1,42
Порэммит 4А	средняя	обводн.	4,1–5,1	1,20	1,28
Порэммит 1-МК	средняя	обводн.	4,2–5,3	1,35	1,25
РПГМ	средняя	обводн.		1,22	1,25
Сибирит 1000	средняя	обводн.	4,9–5,1	1,25	1,29
Сибирит 1200	средняя	обводн.	4,9–5,1	1,25	1,30
Эмульсолит А20	средняя	обводн.	4,8–5,0	1,4	1,30

Примечание*: средняя крепость пород при пределе прочности на сжатие $\sigma_{сж} < 80$ МПа, крепкие – $\sigma_{сж} > 80$ МПа.

Приложение 6

Основные параметры карьерных экскаваторов

Модель	Вместимость ковша E , м ³	Радиус черпания $R_{чу}$, м	Максимальная высота черпания $H_{чmax}$, м
ЭКГ-5А, ЭКГ-5Н	5,2	9,4	10,3
ЭКГ-8И	8,0	12,2	12,5
ЭКГ-8УС	8,0	13,5	17,6
ЭКГ-10	10,0	12,6	13,5
ЭКГ-12	12,0	14,3	15,0
ЭКГ-15	15,0	15,6	16,6
ЭКГ-17	17,0	15,6	15,6
ЭКГ-20А	20	14,2	17,0
ЭКГ-20	20	15,2	17,9
РН-2800	30	15,8	16,2
ЭГ-350	18	16	16
WK-34	35	15,8	16,2

Приложение 7

Средства инициирования зарядов ВВ

Наименования изделия	Условия применения, назначение
Огнепроводные шнуры	
ОША	для инициирования КД в сухих условиях
ОШП	для инициирования КД в обводненных условиях
Электрозажигатели огнепроводного шнура	
ЭЗ-ОШ; ЭЗТ-2	для зажигания ОШ
Капсюли-детонаторы	
КД-8С; КД-8СМ; КД-8МА	для инициирования ДШ
Электродетонаторы	
ЭД-8-Э; ЭД-8-Ж; ЭД-8М	для инициирования ДШ (ПД)
Электронные детонаторы	
DAVEYTRONIC, I-KON; ЭДЭЗ-С	для инициирования ПД скважинных зарядов ВВ

Детонирующие шнуры	
ДША	для инициирования ПД в сухих скважинах
ДШ-В-12; ДШН-10; ДШЭ-12	то же, в обводненных скважинах
Неэлектрические системы инициирования	
СИНВ-П, Искра-П (0; 17; 25; 42; 67; 109; 176 мс); Эдилин ДБИ-2 (0; 17; 25; 42; 55; 67; 109; 125; 150; 176; 200 мс); СИНВ-Старт; Искра-Старт; Эдилин (ДБИ-Старт)	Для монтажа поверхностных сетей инициирования
СИНВ-С, Искра-С (100; 125; 150; 175; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500 мс); Эдилин (ДБИ-1 (475; 500 мс)	для инициирования ПД скважинных зарядов ВВ
Искра-Т (500, 1000, 2000 мс)	Для монтажа внутрискважинных сетей и инициирования ПД скважинных зарядов ВВ
Реле пиротехнические	
РП-Н (20; 30; 50 мс); РП-Д (20; 30; 45; 60; 80; 100 мс); РПЭ-2 (17; 25; 42; 55; 67; 109; 125; 150; 176; 200 мс)	для создания замедления в сетях ДШ
Промежуточные детонаторы (ПД)	
ГТП-500 (тротило-гексогеновые прессованные); Т-900Г (тротиловые прессованные); ТГФ-850Э (тротило-гексогеновые литые); ТГФ-1000Л-ПО (тротило-гексогеновые литые в полимерном корпусе)	для инициирования зарядов ВВ в сухих и обводненных скважинах
Взрывные приборы	
ИВ-2АМ, УПЭ-1,5/Х	Для инициирования СИНВ-Старт; Искра-Старт; Эдилин (ДБИ-Старт)
Система электронного инициирования	
Система DAVEYTRONIC; I-KON	Для инициирования электронного капсюля DAVEYTRONIC; I-KON

Приложение 8

Минимально допустимые радиусы опасных зон

Виды и методы взрывных работ	Радиус зоны, м
Взрывание на открытых работах методами:	
– наружных зарядов	300
– в том числе кумулятивных	по проекту
– шпуровых зарядов	200*
– котловых шпуров	200*
– малокамерных зарядов (рукавов)	200*
– скважинных зарядов	не менее 200**
– котловых скважин	не менее 300
– камерных зарядов	не менее 300

* При взрывании на косягорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** Радиус опасной зоны указан для зарядов с забойкой.

Приложение 9

Значение коэффициентов K_r , зависящих от свойств грунта в основании охраняемого объекта

Наименование пород, находящихся в основании охраняемого объекта	K_r
Скальные породы плотные, ненарушенные	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод	15
Водонасыщенные грунты	20

Приложение 10

Значение коэффициента K_c , зависящего от типа здания (сооружения) и характера застройки

Типы зданий и сооружений	K_c
Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные здания высотой не более двух-трех этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

