

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные работы»

В. И. Стасевич
С. Г. Оника

ПРОЕКТ МАССОВОГО ВЗРЫВА

Пособие

Минск
БНТУ
2020

УДК 622.235.43(075.8)
ББК 33.133я7
С77

Рецензенты:

О. В. Лукашѐв, А. Ф. Санько, Ю. И. Макаревич

Стасевич, В. И.

С77 Проект массового взрыва: пособие / В. И. Стасевич, С. Г. Оника. – Минск: БНТУ, 2020. – 76 с.
ISBN 978-985-583-530-2.

В пособии изложены общие принципы расчета массовых взрывов накладными, шпуровыми, скважинными и котловыми зарядами при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых. Представлены данные о станках шарошечного способа бурения и с погружными пневмоударниками. Рассмотрены преимущества, недостатки и возможные области применения различных способов взрывания. Даны сведения о методах расчета электровзрывных цепей и наиболее распространенные схемы взрывных сетей. Приведены формулы для расчета безопасных расстояний при взрывных работах и определения границы опасной зоны.

Пособие «Проект массового взрыва» предназначено для студентов дневной и заочной форм получения образования специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)» и 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» при изучении дисциплины «Разрушение горных пород взрывом». Пособие может быть использовано специалистами, занимающимися взрывными работами в промышленности.

УДК 622.235.43(075.8)
ББК 33.133я7

ISBN 978-985-583-530-2

© Стасевич В. И., Оника С. Г., 2020
© Белорусский национальный
технический университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ВЫБОР МЕТОДА ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ И СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ	6
2. ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА, СПОСОБА ВЗРЫВАНИЯ И СРЕДСТВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ	7
2.1. Электрический способ взрывания.....	9
2.2. Взрывание с помощью I-KON	15
2.3. Взрывание с помощью детонирующего шнура	16
2.4. Огневой способ взрывания	18
2.5. Неэлектрическая система взрывания ЭДИНИ	19
2.6. Неэлектрическая система взрывания СИНВ	20
2.7. Неэлектрическая система взрывания НОНЕЛЬ Юнидет	22
2.8. Неэлектрическая система инициирования ИСКРА	24
2.9. Промежуточные детонаторы	24
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ	30
3.1. Скважинные заряды рыхления	30
3.1.1. Определение требуемой крупности дробления породы	30
3.1.2. Выбор диаметра скважины	30
3.1.3. Расчетный удельный расход ВВ	33
3.1.4. Параметры буровзрывных работ	39
3.1.5. Определение типовой серии и интервалов замедления при короткозамедленном взрывании	43
3.1.6. Выбор схемы монтажа взрывной сети при использовании детонирующего шнура	45
3.1.7. Схемы электровзрывных цепей и их расчет	45
3.2. Котловые заряды рыхления	48
3.3. Шпуровые заряды рыхления	51
3.4. Дробление негабаритных кусков породы	52
3.5. Контурное взрывание на карьерах	54
3.6. Рыхление мерзлых грунтов	57
3.7. Скважинные заряды выброса	58
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗВАЛА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ	59

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ	62
5.1. Зона, опасная по разлету отдельных кусков породы (грунта)	62
5.1.1. Скважинные заряды рыхления	62
5.1.2. Взрывы на выброс, сброс и сосредоточенных зарядов рыхления	64
5.2. Определение сейсмически безопасных расстояний	65
5.3. Определение расстояний, безопасных по действию УВВ на застекление	66
5.4. Определение границы опасной зоны	67
6. ПРОИЗВОДСТВО МАССОВОГО ВЗРЫВА. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ	68
7. СХЕМА ПАРАМЕТРОВ МАССОВОГО ВЗРЫВА	68
8. СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТА	70
Литература	71
Приложение 1	72
Приложение 2	74

ВВЕДЕНИЕ

Пособие «Проект массового взрыва» предназначено для усвоения студентами дисциплины «Разрушение горных пород взрывом» и разработки проекта массового взрыва. В пособии приводятся сведения о промышленных взрывчатых веществах; станках для бурения скважин; способах взрывания: электрическом, с помощью детонирующего шнура, неэлектрических систем взрывания ИСКРА, НОНЕЛЬ, ЭДИЛИН; расчете электровзрывных цепей; схемы взрывных сетей; расчете безопасных расстояний при взрывных работах и определении границы опасной зоны

При разработке проекта массового взрыва студент обязан изучить следующие вопросы и обосновать принятые решения:

1. Выбор метода ведения взрывных работ.
2. Расположение зарядов взрывчатых веществ (шпуровых, скважинных, котловых) в зависимости от конкретных условий.
3. Выбор взрывчатого вещества, способа взрывания и средств инициирования зарядов.
4. Выбор диаметра заряда и оборудования для бурения.
5. Расчет скважинных (шпуровых, котловых, накладных и др.) зарядов рыхления (выброса).
6. Расчет типовой серии одновременно взрывааемых зарядов, интервалов замедления при короткозамедленном взрывании и параметров сети.
7. Расчет безопасных расстояний по поражающим факторам взрыва и определение границы опасной зоны.
8. Мероприятия для безопасного выполнения взрывных работ при выбранном методе взрывных работ и способе инициирования зарядов ВВ, перевозки взрывчатых материалов.

Проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. В расчетно-пояснительной записке приводятся все необходимые расчеты, поясняемые рисунками, схемами, таблицами, характеристиками выбранных взрывчатых веществ и средств инициирования, бурового оборудования. В конце пояснительной записки приводится сводная ведомость показателей проекта и список использованных источников. В графической части приводятся схема расположения скважин (шпуров) на взрываемом объекте и их параметры, схема монтажа взрывной сети и конструкция заряда с конструкцией боевика на листе формата А2 (А3).

1. ВЫБОР МЕТОДА ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ И СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Метод ведения взрывных работ определяется выработкой (системой выработок), сооруженной для размещения в ней расчетного заряда взрывчатого вещества и производства массового взрыва. На карьерах для добычи горных пород в настоящее время применяются следующие методы ведения взрывных работ:

1. Метод скважинных зарядов – основной метод дробления горных пород. Применяется на карьерах практически любой производственной мощности при дроблении пород различной крепости, трещиноватости и обводненности.

2. Метод шпуровых зарядов используется при дроблении пластов малой мощности; при высокой ценности руд (когда необходимы минимальные потери полезного ископаемого за счет разубоживания) и если необходимая степень дробления не достигается скважинными зарядами; при дроблении негабарита; при рыхлении мерзлых грунтов.

3. Метод котловых зарядов применяется в случае, если объем скважины не обеспечивает размещение расчетного заряда ВВ в условиях пологих откосов уступов, водной пригрузки и др.

4. Метод камерных зарядов применяется в основном для взрывания на выброс и сброс породы при строительстве каналов, плотин, вскрытия месторождений полезных ископаемых.

5. Метод наружных зарядов используется в основном для дробления негабарита, удаления «kozyрьков» уступов в случае нецелесообразности или невозможности использования метода шпуровых зарядов.

На большинстве горных предприятий применяется метод скважинных зарядов, которым на карьерах дробится до 90 % горной массы. На уступе скважины можно расположить в один ряд (однорядное взрывание), в два и более ряда (многорядное взрывание), вертикально или под углом к горизонту (наклонные скважины).

2. ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА, СПОСОБА ВЗРЫВАНИЯ И СРЕДСТВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ

В зависимости от способа возбуждения взрыва заряда ВВ различают огневое, электроогневое, электрическое и электронное, бескапсюльное (с помощью ДШ) и неэлектрическое взрывание.

Для производства массовых взрывов на карьерах используют электрическое и электронное, бескапсюльное и неэлектрическое взрывание. Огневое взрывание используют для инициирования взрыва детонирующего шнура и ударной волны в ударно-волновой трубке при неэлектрическом взрывании зарядов. В последние годы широкое распространение на карьерах получили неэлектрический и электронный способы взрывания, которые реализуются допущенными к применению системами Nonel (Швеция), Искра, СИНВ, Унси, Эдилин (РФ), Daveytronic® (Davey Bickford, Франция), I-KON (Канада). Каждый из перечисленных способов взрывания имеет свои преимущества и недостатки, которые в совокупности и определяют возможность применения их в конкретных условиях.

Электрический способ взрывания.

Преимущества:

- относительная безопасность выполнения работ;
- возможность проверки электродетонаторов перед выдачей взрывникам и смонтированной электрической цепи перед взрывом;
- теоретический расчет электровзрывной цепи;
- возможность взрывания зарядов практически в любой последовательности.

Недостатки:

- сложность расчета, монтажа и проверки электровзрывной цепи при соединении большого числа электродетонаторов;
- опасность преждевременного взрыва от блуждающих токов, зарядов статического электричества;
- ограниченное количество серий с заданным номиналом замедления.

Бескапсюльное взрывание (с помощью детонирующего шнура).

Преимущества:

- снижение опасности выполнения работ по заряданию;
- уменьшение опасности работ по ликвидации отказов;

- простота выполнения работ по взрыванию;
- взрывание неограниченного количества групп зарядов.

Недостатки:

- невозможность контроля исправности сети перед взрывом (для увеличения надежности производится дублирование детонирующего шнура);
- относительно высокая стоимость детонирующего шнура.

Неэлектрический способ взрывания.

Преимущества:

- высокий уровень управления массовым взрывом, достигаемый за счет использования индивидуального замедления каждого скважинного или шпурового заряда и широкого выбора интервалов замедления;
- исключение подбоя взрывной сети и возможность оптимизации поверхностных замедлений благодаря применению внутрискважинного замедления;
- эффективное использование обратного инициирования скважинных зарядов, в том числе высокочувствительных, так как проводник сигнала, используемый в системе (ударно-волновая трубка), не имеет бокового энерговыделения и не оказывает отрицательного воздействия на окружающий его заряд;
- исключение возможности передачи инициирующего сигнала во взрывную сеть при несанкционированном взрыве скважинного заряда;
- высокая стойкость к механическим воздействиям, обеспечиваемая исключением из состава элементов системы инициирующих взрывчатых веществ;
- нечувствительность к электрическим и электромагнитным воздействиям;
- низкий сейсмический эффект, обусловленный незначительной массой взрывчатого материала в ударно-волновой трубке и разновременностью срабатывания скважинных или шпуровых зарядов (вероятность отказа не более 0,02 %).

В целом неэлектрический способ взрывания обеспечивает существенное повышение эффективности и безопасности взрывных работ.

Недостатки:

- сложный расчет взрывной сети с использованием большого числа зарядов.

Огневой и электроогневой способы взрывания.

Используются в случае невозможности использования других способов, при инициировании одиночных зарядов или зарядов, не требующих соединения в одну цепь. Способ прост и доступен для выполнения.

Недостатки:

- повышенная опасность инициирования (в момент поджигания огнепроводного шнура взрывник находится возле заряда);
- невозможность получения расчетных интервалов инициирования зарядов;
- взрывание ограниченного числа одиночных зарядов.

Электронные способы взрывания.

Одним из главных преимуществ этой технологии взрывания является минимальное воздействие на окружающую среду. Проведение взрывных работ с применением электронных системы инициирования – новое направление взрывных работ.

Основное отличие электронных способов взрывания Daveytronic® и I-KON – проведение взрывных работ с помощью программируемых электронных детонаторов, связанных между собой двухпроводной взрывной сетью и управляемых с помощью специальных устройств. Сеть, связывающая заряды, служит источником питания и передает кодированные команды детонаторам и обратную информацию от них. Взрывник тестирует каждый из детонаторов и сеть в целом.

Использование электронных детонаторов, каждому из которых индивидуально задается замедление, позволяет максимально снизить воздействие на окружающую среду. Так, благодаря возможности программировать время инициирования, происходит взрывание с наименьшим отклонением от заданных параметров, что значительно увеличивает управляемость взрыва, существенно снижается сейсмическое воздействие (уменьшение сейсмических колебаний в два раза). Все это обеспечивает повышенную безопасность взрывных работ.

2.1. Электрический способ взрывания

При электрическом способе взрывания выбирают электродетонаторы, электрические (магистральные, участковые, соединительные) провода, источник тока, производят расчет электровзрывной сети.

На карьерах используются электродетонаторы:

– ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж (водостойкие мгновенного действия, непродохранительные, пониженной чувствительности к воздействию зарядов статического электричества и блуждающих токов);

– ЭД-3-Т (замедленного действия для инициирования зарядов взрывчатых веществ на земной поверхности и в шахтах (рудниках), не опасных по газу и (или) пыли);

– ЭД-КЗ-ПКМ (предохранительные, короткозамедленного и мгновенного действия для инициирования зарядов промышленных взрывчатых веществ на земной поверхности и в шахтах (рудниках), опасных по газу и (или) пыли);

– ЭД-1-8Т (мгновенного действия);

– ЭД-1-3-Т (непредохранительные, пониженной чувствительности, короткозамедленного и замедленного действия для инициирования зарядов промышленных взрывчатых веществ на земной поверхности и в шахтах (рудниках), не опасных по газу и (или) пыли);

– ЭД-3-Н (непредохранительные, нормальной чувствительности к блуждающим токам и зарядам статического электричества для инициирования зарядов промышленных взрывчатых веществ на земной поверхности и в шахтах (рудниках), не опасных по газу и (или) пыли).

Для инициирования зарядов промышленных взрывчатых веществ при проведении взрывных работ на земной поверхности могут применяться и другие электродетонаторы. Характеристики электродетонаторов приведены в табл. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5.

Таблица 2.1

Характеристика электродетонаторов ЭД-8Э

Показатели	Численные значения
1	2
Электрическое сопротивление при номинальной длине выводных проводов:	
- от 2000 до 3250 мм, Ом	1,8÷3,0
- от 3500 до 4350 мм, Ом	1,8÷3,6
Безопасный ток, А	0,200 ± 0,005
Безопасный импульс, мс·А ² , не менее	0,6

Окончание табл. 2.1

1	2
Импульс воспламенения, мс · А ² , не более	2,0
Длительный воспламеняющий ток, А	0,220 ± 0,005
Время срабатывания, мс	2÷6
Водостойкость при давлении воды 2,0 МПа (20 кгс/см ²)	20 мин

Таблица 2.2

Характеристика электродетонаторов ЭД-КЗ-ПКМ

Показатели	Численные значения
Электрическое сопротивление при номинальной длине проводов (жесткое крепление мостика накаливания) - 2700 мм, Ом - 4350 мм, Ом	1,8÷3,0 1,8÷3,6
Безопасный ток, А	0,2
Безопасный импульс, мс · А ² , не менее	0,6
Импульс воспламенения, мс · А ² , не более	0,61÷2,0
Водостойкость при давлении воды 2,0 МПа (20 кгс/см ²)	20 мин
Номинальное время срабатывания, мс	2÷6; 20; 40; 60; 80; 100; 125; 150; 175; 200

Таблица 2.3

Характеристика электродетонаторов ЭД-1-3-Т

Показатели	Численные значения
1	2
Электрическое сопротивление при номинальной длине выводных проводов 2700 мм, Ом	0,5÷0,75
Безопасный ток, А	1,00 ± 0,02
Безопасный импульс, мс · А ² , не менее	40,0
Импульс воспламенения, мс · А ² , не более	88
Длительный воспламеняющий ток, А	1,10 ± 0,02

Окончание табл. 2.3

1	2
Водостойкость при давлении воды 2,0 МПа (20 кгс/см ²)	20 мин
Номинальное время срабатывания от постоянного тока $5,0 \pm 0,2$ А, мс	3÷8 для ЭД-1-8-Т 20; 40; 60; 80; 100; 125; 150; 175; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1250; 1500; 1750; 2000; 2250; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000; 6000; 7000; 8000; 9000; 10000

Таблица 2.4

Характеристика электродетонаторов ЭД-3-Т

Показатели	Численные значения
Электрическое сопротивление, Ом	1,2÷1,9
Безопасный ток, А	0,45
Безопасный импульс, мс · А ² , не менее	5,0
Импульс воспламенения, мс · А ² , не более	8
Гарантийный ток срабатывания, А	2,0
Водостойкость при давлении воды 2,0 МПа (20 кгс/см ²)	20 мин
Номинальное время срабатывания, мс	2÷6; 20÷100 (через 20); 125÷200 (через 25); 250÷500 (через 50); 600÷1000 (через 100); 1250÷2250 (через 250); 3000÷4500 (через 500); 6000÷10000 (через 1000)

Таблица 2.5

Характеристика электродетонаторов ЭД-3-Н

Показатели	Численные значения
1	2
Электрическое сопротивление при номинальной длине проводов 2700 мм, Ом	1,8÷3,0
Безопасный ток, А	0,2

Окончание табл. 2.5

1	2
Безопасный импульс, мс · А ² , не менее	0,6
Импульс воспламенения, мс · А ² , не более	2,0
Длительный воспламеняющий ток, А	0,22
Водостойкость при давлении воды 2,0 МПа (20 кгс/см ²)	20 мин
Номинальное время срабатывания, мс	20÷100 (через 20); 125÷200 (через 25); 250÷500 (через 50); 600÷1000 (через 100); 1250÷2250 (через 250); 2500÷4500 (через 500); 6000÷10000 (через 1000)

Провода, используемые для монтажа электровзрывных цепей, могут быть одно- и двухжильными, многопроволочными и однопроволочными, медными, алюминиевыми или стальными, в резиновой или полихлорвиниловой изоляции. Характеристики некоторых проводов приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Характеристика проводов для электровзрывных цепей

Марка провода	Изоляция	Число жил	Число проволок в жиле	Сечение жилы, мм ²	Сопротивление 1 км провода при +20 °С, Ом	Масса 1 км провода, кг
1	2	3	4	5	6	7
ЭР	Резиновая	1	1	0,2	100	6,6
ЭВ	Полихлорвиниловая	1	1	0,2	100	6,5
ВМВ	Полихлорвиниловая	1	1	0,75	25	10,6
СП-1	Резиновая в х/б оплетке	1	7 медных проволок $d = 0,37$ мм	0,75	25	30
СП-2	Резиновая	2	7 медных проволок $d = 0,37$ мм	$2 \times 0,75$	2×25	60

1	2	3	4	5	6	7
СПП-1	Светотермостойкий полиэтилен	1	7 медных проволок $d = 0,3$ мм	0,5	37,5	8
СПП-2	Светотермостойкий полиэтилен	2	7 медных проволок $d = 0,3$ мм	$2 \times 0,5$	$2 \times 37,5$	16

При выборе проводов для монтажа электровзрывной цепи необходимо учитывать их водо- и маслостойкость, сопротивление и прочность. Для магистральных проводов сечение жилы должно быть не менее $0,75 \text{ мм}^2$.

Электровзрывная цепь должна быть двухпроводной. Запрещается использовать в качестве второго провода металлические трубы, арматуру и т. п.

В качестве источника тока при электрическом инициировании зарядов ВВ на карьерах в основном используются индукторные конденсаторные взрывные машинки ВМК-500 и КПМ-3 (табл. 2.7), батарейные конденсаторные взрывные приборы КВП-1/100М КВП-2/200 и ПИВ-100М (табл. 2.8), конденсаторные взрывные приборы ВПА-30, ВПА-60 и ВПА-120 (табл. 2.9). Их схемы содержат электронные ключи, которые обеспечивают автоматическую выдачу взрывного импульса только при заданном напряжении конденсатора накопителя. Предусмотрен контроль предельного сопротивления взрывной сети.

Таблица 2.7

Характеристики индукторных конденсаторных взрывных машинок

Характеристики	КПМ-3	ВМК-500
Число взрываемых ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении, штук	200	800
Общее допустимое сопротивление взрывной сети, Ом	600	2100
Напряжение на конденсаторе, В	1600	3000
Масса прибора, кг	1,6	6,5

Таблица 2.8

**Характеристики батарейных конденсаторных
взрывных приборов**

Характеристики	КВП-1/100М	КВП-2/200	ПИВ-100М
Число взрываемых ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении, штук	100	200	100
Общее допустимое сопротивление взрывной сети, Ом	320	600	320
Напряжение на конденсаторе, В	650÷660	1700	610÷670
Масса прибора, кг	2,5	3,1	2,7

Таблица 2.9

Характеристики конденсаторного взрывного прибора ВПА

Характеристики	ВПА-30	ВПА-60	ВПА-120
Число взрываемых ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении, штук	30	60	120
Общее допустимое сопротивление взрывной сети, Ом	110	200	380
Напряжение на конденсаторе, В	200	290	430
Масса прибора, кг	1,9	1,9	1,9

2.2. Взрывание с применением I-KON

Для производства взрывных работ с применением электронной системы инициирования I-KON необходимо выбрать программируемые электронные детонаторы i-konTM или i-konTM II, устройство для регистрации и программирования детонаторов Логгер (регистратор), взрывную машинку Бластер 400, монтажный провод и коннектора для монтажа взрывной сети.

Электронный детонатор состоит из гильзы, электронной платы (программируется на необходимый интервал замедления), электро-воспламенителя и взрывчатого вещества.

I-kon™ Логгер – переносное устройство для тестирования, регистрации и программирования до 200 детонаторов на необходимый интервал замедления (до 200 ID-номеров) и тестирования всей сети в комплексе.

I-kon™ Бластер – переносное устройство для инициирования запрограммированных детонаторов. Один бластер может управлять двумя Логгерами, включенными параллельно с Бластер 400.

Для монтажа сети используется специальный двужильный монтажный медный провод с диаметром жил 0,6 мм (жилы желтого и зеленого цвета). Детонаторы подключаются к монтажному проводу параллельно.

2.3. Взрывание с помощью детонирующего шнура

При взрывании с помощью детонирующего шнура необходимо выбрать марку детонирующего шнура, промежуточный детонатор, пиротехническое реле (при короткозамедленном взрывании) и средства инициирования детонирующего шнура (электрический или огневой способ).

Выпускается несколько типов детонирующих шнуров, предназначенных для использования в различных условиях (влажность, температура и др.). Шнуры ДШВ (водостойкий), ДША, ДШЭ-12 (повышенной водостойкости), ДШЭ-12Г, ДШЭ-12Т, ДШЭ-6ПВД, ДШЭ-9ПВД, ДШЭ-12ПВД (ПВД – пентолитовые, водостойкие, повышенной безопасности), ДШН-6 (малой мощности и повышенной водостойкости), ДШН-9, ДШН-10 предназначены для передачи детонации взрывчатым веществам и промежуточным детонаторам при производстве взрывных работ на земной поверхности. Характеристики детонирующих шнуров приведены в табл. 2.10, 2.11, 2.12.

При короткозамедленном взрывании скважинных (шпуровых, накладных) зарядов для создания необходимого интервала замедления между зарядами, группами зарядов или рядами скважин (шпуров) применяются пиротехнические реле РПЭ-2, РП-Д, РП-8М, РП-Н. Характеристики пиротехнических реле приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.10

Характеристики детонирующих шнуров

Характеристика	Марка шнура				
	ДША	ДШВ	ДШЭ-12	ДШЭ-12Г	ДШЭ-12Т
Материал оболочки	пряжа	ПВХ	ПЭ	ПЭ	ПЭ
Масса ВВ (сердцевина), г/м	12÷13	13,5÷14,5	12,0	17,0	12,0
ВВ сердцевины	ТЭН	ТЭН	ТЭН	ГЕКСО-ГЕН	ТЭН
Скорость детонации, м/с	6500	6500	6200	5000	5000
Водостойкость, суток	12	24	30	30	30
Длина бухты ДШ, м	50	50	50; 100	50; 100; 200	50; 100
Диаметр шнура, мм			5,0	овал 5,8×7,0	5,0
Цвет оболочки	серый	красный	от оранжевого до красного		

Таблица 2.11

Характеристики детонирующих шнуров ДШЭ-ПВД

Характеристика	Марка шнура		
	ДШЭ-6ПВД	ДШЭ-9ПВД	ДШЭ-12ПВД
Материал оболочки	ПЭ	ПЭ	ПЭ
Масса ВВ, г/м	6,0	8,5	12,0
Диаметр шнура, мм	3,5÷4,5	4,2÷5,2	4,7÷5,7
ВВ сердцевины	ТЭН		
Скорость детонации, м/с	5500	5500	6200
Водостойкость, суток	30	30	30
Цвет оболочки	розовый-красный	голубой-синий	желтый-оранжевый
Длина шнура в бухте, м	50; 100		

Таблица 2.12

Характеристики детонирующих шнуров ДШН

Характеристика	Марка шнура		
	ДШН-6	ДШН-8	ДШН-10
Материал оболочки	ПЭ, устойчивый к раствору аммиачной селитры и дизельному топливу		
Масса ВВ, г/м	6,0	8,0	12,0
Диаметр шнура, мм	3,8÷4,8	4,0÷5,0	4,3÷5,3
ВВ сердцевины	ТЭН		
Скорость детонации, м/с	6000	6200	6500
Водостойкость, сутки	30	30	30
Цвет оболочки	зеленый	желтый	синий
Длина шнура в бухте, м	25; 50		

Таблица 2.13

Характеристики пиротехнических реле

Характеристика	Марка пиротехнического реле			
	РПЭ-2	РП-Н	РП-Д	РП-8М
Водостойкость, час	Не менее 24			
Иницирующая способность	Все детонирующие шнуры, допущенные к постоянному применению			
Направление действия	Двухстороннее действие			
Длина волновода, мм	500 и более			
Время срабатывания, мс	17; 25; 42; 55; 67; 109; 125; 150; 176; 200	20; 35; 50	20; 30; 45; 60; 80; 100	20; 35; 50

2.4. Огневой способ взрывания

При применении данного способа используют капсули-детонаторы КД-8С, КД-8МА, КД-8СМ, ЭЗ-ОШ (электрозажигатель огне-

проводного шнура), ЭЗТ-2 (электрозажигательная трубка) и огнепроводный шнур (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Характеристика огнепроводных шнуров

Марка	Материал наружного покрытия	Пределы изменения температуры, °С	Водоустойчивость, ч	Условия применения	Длина бухты, м
ОША	Водоизолирующая опудренная мастика	-25 ÷ +45	1÷1,5	Влажные и сухие породы	10
ОШП	Пластикатная масса	-35 ÷ +45	4÷5	Обводненные породы	10

При огневом способе взрывания капсуль детонатор с отрезком огнепроводного шнура может помещаться в патронированные порошкообразные промышленные взрывчатые вещества или в промежуточный детонатор.

2.5. Неэлектрическая система взрывания ЭДИЛИН

Предназначена для инициирования зарядов промышленных взрывчатых веществ при производстве взрывных работ на земной поверхности и в подземных условиях, не опасных по газу и (или) пыли. Система ЭДИЛИН состоит из следующих элементов: детонатора скважинного ДБИ1, детонатора поверхностного ДБИ2, детонатора шпурового ДБИ3, магистрального волновода (в бухтах и на катушках), устройств для инициирования волновода ИВ-2АМ или УС-2, соединителей волноводов В-В и соединителей волноводов с детонирующим шнуром В-Ш. Детонаторы поставляются с волноводом от 2 м и более с шагом 1 м. Характеристики ДБИ представлены в табл. 2.15.

Характеристика детонаторов ДБИ

Показатели	Численные значения
Длина встроенного в КД волновода, м	От 2 м и более с шагом 1 м
Прочность соединения волновода и КД, кг	6,0
Водостойкость ДБИ1, ДБИ3, час	720 час на глубине 30 м
Номинальное время срабатывания ДБИ1, мс	475; 500
Номинальное время срабатывания ДБИ2, мс	0; 17; 25; 42; 55; 67; 109; 125; 150; 176; 200
Номинальное время срабатывания ДБИ3, мс	0; 25; 42; 55; 67; 109; 125; 150; 176; 200÷500 (через 50); 500÷1000 (через 100); 1000÷3000 (через 250); 3000÷5000 (через 500); 5000÷10000 (через 1000)

2.6. Неэлектрическая система взрывания СИНВ

Система СИНВ для взрывных работ на земной поверхности включает устройства СИНВ-П и СИНВ-С-Н или СИНВ-С-Т, СИНВ-Ш.

Устройства СИНВ-П, содержащие фиксаторы, предназначены для трансляции инициирующего сигнала в поверхностной взрывной сети и создания поверхностных замедлений инициирования. Устройства СИНВ-С служат для передачи инициирующего импульса, создания внутрискважинных замедлений и инициирования промежуточных детонаторов скважинных зарядов (шашек типов Т-400Г, ГТП-500, ТГФ-850Э и др.). При этом устройства СИНВ-С-Т используются преимущественно в случаях заряжания скважин горячелюющими взрывчатыми веществами и выдерживают воздействие температуры +85 °С в течение 12 ч. Устройства СИНВ-С-Н рассчитаны на менее жесткие температурные условия эксплуатации – до плюс 50 °С. Нижний температурный предел – минус 40 °С.

Время замедлений устройств СИНВ-П и СИНВ-С, при длине УВТ 1 м, приведены в табл. 2.14. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

При монтаже системы СИНВ все взрываемые скважины заряжаются устройствами СИНВ-С с одинаковым временем замедления. Последовательность их срабатывания обеспечивается с помощью устройств СИНВ-П. В качестве стартового используется устройство СИНВ-П-0 со временем замедления 0 мс. Интервалы поверхностных замедлений при наличии внутрискважинного замедления могут быть существенно увеличены.

Стартовое устройство СИНВ-П-0 инициируется от детонирующего шнура, электродетонатора, капсуля-детонатора пускового устройства. Для исключения возможности повреждения ударно-волновой трубки стартового устройства осколками капсуля-детонатора и электродетонатора последние должны присыпаться песком, снегом и т. п.

Общие правила монтажа системы СИНВ при работах на земной поверхности следующие:

1. Длина ударно-волновой трубки устройств СИНВ-П и СИНВ-С должна выбираться в соответствии с глубиной скважин и размерами сетки бурения, с учетом того, что часть длины ударно-волновой трубки используется для соединений.

2. Устройства СИНВ-П и СИНВ-С с поврежденными при зарядании ударно-волновыми трубками к использованию не допускаются.

3. Контроль внутрискважинных замедлений должен производиться непосредственно при зарядании скважин, так как в процессе зарядания маркировка может быть удалена.

4. Ударно-волновые трубки устройств СИНВ-П и СИНВ-С должны быть слегка натянуты.

5. Фиксаторы устройств СИНВ-П должны располагаться вблизи от скважин.

6. Длина активной части УВТ (отрезок УВТ устройства от места инициирования до КД) должна быть не менее 60 см. Длина пассивной части УВТ (отрезок УВТ от места инициирования до свободного конца) должна быть не менее 8 см.

7. При использовании в поверхностной взрывной сети детонирующего шнура и пиротехнических реле детонирующий шнур должен касаться УВТ только в месте инициирования. Соединение должно осуществляться с помощью специального соединителя.

В качестве промежуточных детонаторов, при использовании системы СИНВ, могут применяться как шашки, имеющие специальное

посадочное место под КД и сквозной канал, так и шашки типа Т-400Г, имеющие только сквозной канал. Первые более предпочтительны. Вариант монтажа с применением СИНВ представлен на рис. 2.1.

УВТ производится в трех исполнениях:

- зеленого цвета – для устройств СИНВ-С-Т;
- красного цвета – для устройств СИНВ-П;
- желтого цвета – для устройств СИНВ-Ш и СИНВ-С-Н.

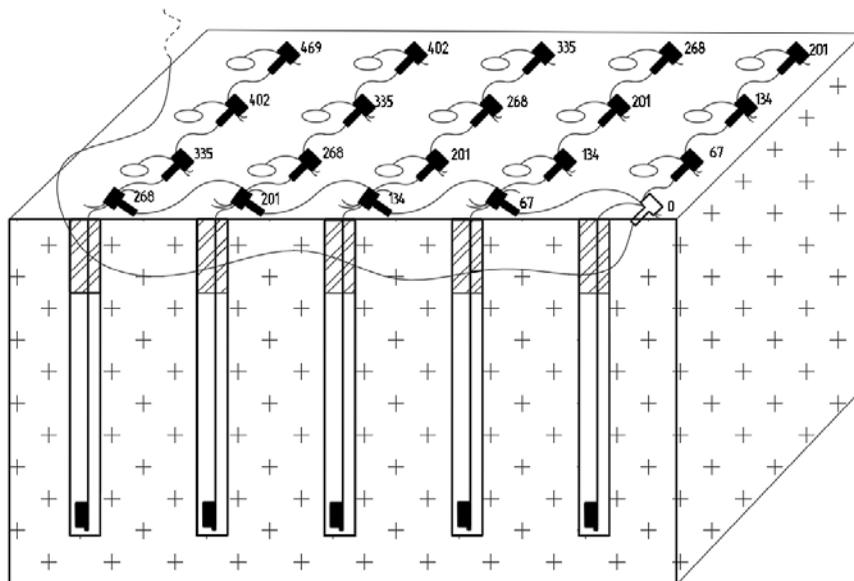
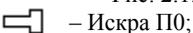


Рис. 2.1. Диагональная схема взрывания:
 – Искра П0;  – Искра П67;  – Искра С

2.7. Неэлектрическая система взрывания Нонель Юнидет

При применении системы Нонель Юнидет необходимо выбрать следующие элементы: внутрискважинные детонаторы с очень точным, большим замедлением (табл. 2.16), поверхностные соединительные блоки Снэплайн (табл. 2.17), трубку волновод и соединители. Применяются две разновидности трубки волновода: 3L (стандартная трехслойная) и 3LHD (трехслойная, упрочненная с устойчивостью к воздействию химических веществ). Производится трех цветов:

- красная – для внутрискважинных детонаторов;
- розовая – для монтажа на поверхности;
- желтая – для проходки тоннелей.

При монтаже системы Нонель Юнидет все взрывааемые скважины заряжаются внутрискважинными детонаторами с одним большим (400 ÷ 500 мс) номиналом замедления. Принятая последовательность инициирования скважинных зарядов обеспечивается на поверхности при монтаже поверхностных соединительных блоков Снэплайн. Комбинирование блоков Снэплайн дает возможность получить разнообразные схемы инициирования, при которых обеспечивается опережающее инициирование всей поверхностной сети.

Таблица 2.16

Внутрискважинные детонаторы

Наименование	Время замедления (при длине трубки 6 м), мс
U400	400
U 425	425
U450	450
U475	475
U500	500

Таблица 2.17

Поверхностные соединительные блоки

Наименование	Время замедления (при длине трубки 3,6 м), мс	Цвет блока
Снэплайн 0	0	зеленый
Снэплайн 17	17	желтый
Снэплайн 25	25	красный
Снэплайн 42	42	белый
Снэплайн 67	67	синий
Снэплайн 109	109	черный
Снэплайн 176	176	оранжевый

2.8. Неэлектрическая система инициирования ИСКРА

При применении системы неэлектрического инициирования ИСКРА необходимо выбрать следующие элементы: поверхностные инициирующие с замедлением устройства ИСКРА-П (интервалы 9, 17, 25, 42, 67, 109, 176 мс), инициирующие с замедлением скважинные устройства ИСКРА-С (интервалы 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 мс), трубку-волновод и устройства для инициирования взрывных сетей ИСКРА. Длина волновода устройств ИСКРА-П составляет 4, 6, 8, 10, 12 м (по согласованию с потребителем изготавливается различная длина волновода). Длина волновода устройств ИСКРА-С составляет 7, 10, 16, 21, 24, 30 м (по согласованию с потребителем изготавливается различная длина волновода).

2.9. Промежуточные детонаторы

В настоящее время на карьерах используются промышленные взрывчатые вещества, не чувствительные к взрыву детонирующего шнура, капсуля детонатора или электродетонатора. Для их инициирования применяют промежуточные детонаторы в виде патронов-боевиков из связки патронированных взрывчатых веществ (аммонит №6 ЖВ, скальный аммонит и др.) или прессованных (литых) шашек. Рекомендуемые промежуточные детонаторы приведены в табл. 2.18–2.25.

Шашки-детонаторы БШД-800 и БШД-800У предназначены для использования в качестве промежуточных детонаторов на открытых горных работах, для инициирования скважинных зарядов из гранулированных и водосодержащих (эмульсионных) промышленных взрывчатых веществ в скважинах любой степени обводненности (и проточной воде) и в присутствии нефтепродуктов. Шашки изготавливаются из баллиститного ракетного твердого топлива. Шашка-детонатор литая ГТП-500 (тротил 40 %, гексоген 60 %) предназначена для использования в качестве промежуточного детонатора для инициирования скважинных и других зарядов промышленных взрывчатых веществ на открытых горных работах. Характеристики БШД-800, БШД-800У и ГТП-500 приведены в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Основные характеристики шашек

Характеристики	БШД-800	БШД-800У	ГТП-500
Внешний вид	Заряд цилиндрической формы с каналом для ДШ и гнездом для КД или ЭД	Заряд цилиндрической формы с каналом под 6 нитей ДШ и гнездом для КД или ЭД	Заряд цилиндрической формы с каналом для ДШ
Диаметр, мм	76,5	76,5	70
Высота, мм	110	110	86
Диаметр канала, мм	10,0	17,0	14,5
Диаметр гнезда, мм	8,0	8,0	–
Глубина гнезда, мм	95	95	–
Масса, г	800	800	500

Пентолитовые (сплав 50 % тротила и 50 % ТЭНа) промежуточные детонаторы ПДП-300, ПДП-400, ПДП-600 предназначены для инициирования скважинных и других зарядов промышленных взрывчатых веществ в сухих и обводненных скважинах, в т. ч. с проточной водой. Шашки инициируются от неэлектрических систем взрывания, детонирующего шнура, капсюля-детонатора типа КД-8 или электродетонатора типа ЭД-8. Характеристики шашек приведены в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Характеристики шашек ПДП

Характеристики	Норма		
	ПДП-300	ПДП-400	ПДП-600
Внешний вид	Литая шашка желтого цвета с каналом под КД (или ЭД) и одним сквозным каналом под ДШ		
Высота, мм	120	105	105
Диаметр, мм	50	66	68
Диаметр гнезда, мм	8,5	8,5	8,5
Межосевое расстояние между сквозным и глухим отверстиями	27	27	27
Масса шашки, г	300	400	600
Плотность шашки, г/см ³ , не менее	1,58	1,58	1,58

Шашка-детонатор ПТ-П предназначена для использования в качестве промежуточного детонатора для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных ВВ, в том числе водосодержащих с температурой при зарядании скважин не более 85 °С. Шашка-детонатор ПТ-П может инициироваться от неэлектрических систем взрывания, детонирующего шнура (в т. ч. маломощного), капсуля-детонатора КД-8, электродетонатора ЭД-8. В зависимости от массы шашка-детонатор выпускается трех типоразмеров. Характеристики шашек приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Характеристики шашек ПТ-П

Характеристики	Норма		
	ПТ-П300	ПТ-П500	ПТ-П750
Внешний вид	Литая шашка в полимерном корпусе с гнездом для КД (или ЭД) и сквозным каналом для ДШ		
Высота, мм	105	105	105
Диаметр, мм	56,0	68,5	81,5
Диаметр канала, мм	15,2	15,2	15,2
Диаметр гнезда, мм	8,0	8,0	8,0
Глубина гнезда, мм	94	94	94
Масса, г	300	500	750
Плотность шашки, г/см ³	1,58	1,58	1,58

Шашки-детонаторы Т-400Г и ТГ-500 (40 % тротил, 60 % гексоген) применяются в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных и других зарядов любой степени обводненности, в том числе и с проточной водой, малочувствительных промышленных взрывчатых веществ, а также в качестве взрывчатого вещества в соответствующих условиях. Характеристики шашек приведены в табл. 2.21.

Шашки-детонаторы Т-500Л-К и Т-500Л-КГ предназначены для производства взрывных работ в качестве промежуточных детонаторов при инициировании скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных взрывчатых веществ, с температурой при зарядании не более 85 °С, в сухих и обводненных скважинах. Литая

шашка-детонатор Т-500Л-К инициируется от ДШЭ-12, ДШЭ-9, ДШЭ-6. Допускается производить инициирование шашек Т-500Л-КГ от капсулей-детонаторов типа КД-8 или электродетонаторов типа ЭД-8, ЭДС-1 и др. Характеристики шашек приведены в табл. 2.22.

Таблица 2.21

Характеристики шашек Т-400Г и ТГ-500

Характеристики	Норма	
	Т-400Г	ТГ-500
Внешний вид	Шашка цилиндрической формы с каналом для ДШ	
Высота, мм	71	86
Диаметр, мм	70	70
Диаметр канала, мм	14,5	14,5
Масса шашки, г	400	500
Плотность шашки, г/см ³ , не менее	1,55	1,58

Таблица 2.22

Характеристики шашек Т-500Л-К и Т-500Л-КГ

Характеристики	Норма	
	Т-500Л-К	Т-500Л-КГ
Внешний вид	Литая шашка желто-коричневого цвета с просвечивающейся пятнистостью со сквозным каналом, оклеенная по цилиндрической поверхности бумагой	Литая шашка желто-коричневого цвета с просвечивающейся пятнистостью со сквозным каналом и гнездом под капсулю-детонатор, оклеенная по цилиндрической поверхности бумагой
Высота, мм	125	125
Диаметр, мм	62	62
Диаметр канала, мм	15,5	15,5
Диаметр гнезда, мм	–	8
Глубина гнезда, мм	–	102
Масса, г	550	540
Плотность шашки, г/см ³	1,56	1,56

Шашка-детонатор ТГ-500КД (тротил 47 %, гексоген 53 %) предназначена для использования в качестве промежуточного детонатора при инициировании скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных взрывчатых веществ (в т. ч. эмульсионных и водосодержащих), с температурой при зарядании скважин не более 85 °С. Иницирование шашки-детонатора ТГ-500КД производится от ДШЭ-12, ДШЭ-9, ДШЭ-6, капсулей-детонаторов типа КД-8 или электродетонаторов типа ЭД-8, ЭДС-1, неэлектрических систем инициирования. Характеристики шашки приведены в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Характеристики шашки ТГ-500КД

Характеристики	Норма
Внешний вид	Литая шашка желтого цвета со сквозным каналом и гнездом под капсулю-детонатор, оклеенная по цилиндрической поверхности бумагой
Масса шашки, г	500
Плотность шашки, г/см ³ , не менее	1,65
Высота, мм	110
Диаметр, мм	63
Диаметр канала, мм	14,5
Диаметр гнезда, мм	8
Глубина гнезда, мм	90

Шашка-детонатор ТГУ-1000К (тротил 40 %, гексоген 60 %) предназначена для использования в качестве промежуточного детонатора при инициировании скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных взрывчатых веществ. Иницирование шашки ТГУ-1000К осуществляется от ДШЭ-12, ДШЭ-9, ДШЭ-6 и аналогичных. Характеристики шашки приведены в табл. 2.24.

Шашка-детонатор ТГФ-850Э (тротил 35 %, гексоген 65 %) предназначена для использования в качестве промежуточного детонатора при инициировании скважинных и малочувствительных зарядов промышленных взрывчатых веществ (в т. ч. водосодержащих), с тем-

пературой при зарядании скважин не более 85 °С. Инициирование шашки осуществляется от неэлектрических систем инициирования, детонирующего шнура, капсюля-детонатора КД-8 или электродетонатора типа ЭД-8. Характеристики шашки приведены в табл. 2.25.

Таблица 2.24

Характеристики шашки ТГУ-1000К

Характеристики	Норма
Внешний вид	Шашка светло-желтого цвета цилиндрической формы с центральным сквозным каналом под ДШ
Масса шашки, г	1000
Плотность шашки, г/см ³ , не менее	1,55
Высота, мм	125
Диаметр, мм	80
Диаметр канала, мм	14,5

Таблица 2.25

Характеристики шашки ТГФ-850Э

Характеристики	Норма
Внешний вид	Шашка цилиндрической формы с центральным сквозным каналом для ДШ и гнездом для КД или ЭД
Масса шашки, г	850
Плотность шашки, г/см ³ , не менее	1,60
Высота, мм	115
Диаметр, мм	79
Диаметр канала, мм	15,2
Диаметр гнезда, мм	8,0
Глубина гнезда, мм	100

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

3.1. Скважинные заряды рыхления

3.1.1. Определение требуемой крупности дробления породы

Определяется допустимый максимальный размер кусков раздробленной породы (d_{\max} , м) исходя из:

1. Вместимости ковша экскаватора

$$d_{\max} \leq 0,75\sqrt[3]{V_3},$$

где V_3 – емкость ковша экскаватора, м³.

2. Размеров приемных устройств, грохотов, дробилок

$$d_{\max} \leq (0,75 \div 0,85)b,$$

где b – ширина приемного отверстия грохота, дробилки, м.

В качестве допустимого максимального размера куска d_{\max} принимается наименьший из рассчитанных по различным факторам.

3.1.2. Выбор диаметра скважины

Диаметр скважин является параметром, определяющим степень дробления горных пород, производительность бурового и погрузочно-транспортного оборудования. Считается, что результаты взрыва определяются удельным расходом ВВ, через который рассчитываются геометрические параметры заряда и параметры его размещения в массиве. Диаметр скважины выбирают с учетом категории породы по трещиноватости (прил. 1) и допустимого максимального размера куска (d_{\max}) взорванной породы (табл. 3.1). При выборе диаметра скважины необходимо учитывать крепость горных пород и рациональную область применения различных способов бурения и типов буровых станков. Самыми распространенными способами бурения скважин на карьерах являются шарошечный и погружными пневмударниками. Характеристики некоторых станков приведены в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.1

Рекомендуемые параметры взрывания для различных пород

Блочность массива (категория трещиноватости)	Соотношение размеров максимальной отдельности и кондиционного куска	Требуемое воздействие на массив	Диаметр скважины, мм
Мелкоблочный (I–II категории)	1	Разделение отдельностей практически без дробления	≥ 250
Среднеблочный (III категория)	1–2	Дробление отдельностей максимум на 2 части	200÷250
Крупноблочный (IV–V категории)	> 2	Интенсивное дробление отдельностей	≤ 200

Таблица 3.2

Характеристики станков шарошечного (СБШ) способа бурения

Тип станка	СБШ-250 МНА-32	СБШ-250 МНА-32Д	СБШ-250 МНА-32КП	СБШ-250 МНА-32КП-18	СБШ-160/200-40
1	2	3	4	5	6
Коэффициент крепости пород по шкале Протодяконова, f	$f = 6-20$	$f = 6-20$	$f = 6-20$	$f = 6-20$	$f = 6-18$
Диаметр скважины условный $d_{\text{скв}}$, мм	160; 170 190; 215 250; 270	170...311	250 270 300	250 270 300	160 171 215
Длина буровой штанги, м	8,2/10/11,4	10	8,2/10/12	18	8,5; 9,2
Максимальная глубина бурения, м	32/47/55	32	32/28/58	34	40; 43
Кол-во штанг, шт.	4/6/5	4/2	4/3/5	2	5
Угол наклона скважины к вертикали, градус	0; 15; 30	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	0; 5; 20; 25; 30	0; 15; 30	0; 15; 30

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
Тип бурения	вращательное	вращательное	вращательное	вращательное	вращательное
Привод станка	электрический	дизель Cummins QSK19	электрический	электрический	электрический
Привод вращателя	электрический	гидромотор	электрический	электрический	2 гидромотора
Ход станка	гусеничный многоопорный	гусеничный многоопорный	гусеничный многоопорный	гусеничный многоопорный	гусеничный тракторный
Привод гусеничного хода	электрический	2 гидромотора	электрический	электрический	2 гидромотора
Ширина, м	5,7	5,7	6,5	6,5	6,0 ± 0,2
Длина (с поднятой мачтой), м	10,5	10,8	11,4	11,4	11,5 ± 0,3
Высота (с поднятой мачтой), м	16,2	18,4	16,9/18,6/21	26,5	13,3 ± 0,3
Длина (с опущенной мачтой), м	15,6	17,8	16,4/18,14/20,2	26,15	13,4 ± 0,3
Высота (с опущенной мачтой), м	6,6	6,6	6,99	6,99	6,2 ± 0,3
Масса станка, т	80÷90	90	100	110	50

Таблица 3.3

Характеристики станков Pit Viper

Параметры	Pit Viper 235	Pit Viper 271	Pit Viper 275	Pit Viper 351
Диаметр скважины условный, $d_{скв}$, мм	172; 188; 200; 230; 251	172; 230; 251; 270	172; 230; 251; 270; 280	270; 280; 311; 330; 381; 410
Общая масса, т	63	80	80	170
Крутящий момент, кНм	4250	8784	8784	25 764
Макс. диаметр бурения	251	250	270	269÷406
Макс. глубина бурения, м	64	16,8	60	19,8÷41,2
Усилие подачи, кг с	29 500	34 020	34 020	57 600
Частота вращения, сек ⁻¹	3,3	2,5	2,5	2,7

Окончательно диаметр скважины выбирается на основе анализа технико-экономических показателей и характеристик буровых станков.

Модельная линия буровых станков Pit Viper (фирма Atlas Copco) предназначена для открытых горных разработок. Станки, как правило, на гусеничном ходу и имеют возможность как вращательного, так и пневмоударного бурения скважин. Скважины можно бурить однозаходным методом либо наращиваемым ставом. Станки имеют автоматическую систему подачи для создания оптимальной нагрузки на долото. Оснащаются дизельным либо электроприводом. При необходимости оснащаются дистанционным управлением.

3.1.3. Расчетный удельный расход ВВ

Одной из важнейших характеристик взрывных работ является расчетный удельный расход взрывчатого вещества, который зависит от свойств горной породы.

Для любой породы по категории трещиноватости и коэффициенту крепости f расчетный удельный расход (q_p , кг/м³) для зарядов рыхления при диаметре заряда $d_3 = 200\text{--}250$ мм определяется по формуле

$$q_p = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \rho / 2600,$$

где $q_э$ – эталонный расход граммонита 79/21 при кондиционном размере кусков 500 мм, кг/м³ (табл. 3.4);

e – коэффициент работоспособности промышленного взрывчатого вещества (табл. 3.5). Можно определить по формуле

$$e = 4316/Q,$$

где Q – удельная энергия применяемого взрывчатого вещества, кДж/кг;

k_d – поправочный коэффициент на допустимый максимальный размер куска d_{\max} (табл. 3.6);

ρ – плотность породы, кг/м³.

Таблица 3.4

Эталонный расход граммонита 79/21 для кондиционного
куса $d = 0,5$ м

Категория трещиноватости породы	Эталонный расход ВВ при крепости породы f , кг/м ³		
	2÷5	6÷10	11÷20
I	< 0,3	< 0,35	< 0,45
II	0,4	0,5	0,6
III	0,65	0,75	0,9
IV	0,85	1	1,2
V	1	1,2	1,4

Таблица 3.5

Характеристики промышленных взрывчатых веществ

Наименование промышленного взрывчатого В-ва	Область применения		Теплота взрыва, кДж/кг, (ккал/кг)	Плотность заряжания, кг/м ³
	1	2		
	Гранулированные			
Алюмотол	скважины любой степени обводненности		5183 (1240)	950...1150
Граммонит 82/18	сухие скважины		4020 (960)	850...1150
Граммонит 79/21	сухие и мокрые шпурсы, сухие и осушенные скважины и камеры		4291 (1025)	850...1150
Граммонит 50/50	сухие и ограниченно обводненные (с непроточной водой) скважины		3684...3852 (880...900)	900...1000
Граммонит 30/70	сухие и ограниченно обводненные (с непроточной водой) скважины		3684...3852 (880...900)	900...1000
Граммонит Т-5	сухие и осушенные скважины в средних и крепких породах		3810	800...900
Дибазит	скважины любой степени обводненности, в том числе с проточной водой		(800...900)	1250...1350
Гранулит НП	сухие и осушенные скважины		3792 (904)	800...950
Гранулит С-6М	сухие и осушенные скважины и камеры		3350	850...950
Гранулит АП	сухие, осушенные и частично обводненные скважины		3020 (720)	1000...1050

1	2	3	4
Гранулит МГ-10	сухих и осушенных шпуров и скважин	4190 (1000)	800...1100
Гранулит Игданит	сухие или осушенные шпур и скважины, а также камеры	3700...3800 (880...904)	800...900
Гранулит М	шпур, скважины и камеры в сухих забоях карьеров, рудников и шахт	3852 (920)	800...1100
Водосодержащие			
Акватол Т-10МС	сухие и обводненные скважины в породах любой крепости	3680 (880)	1460...1500
Акватол Т-10НС	сухие и обводненные скважины в породах средней крепости	3680 (880)	1460...1500
Акватол Т-15НС	сухие и обводненные скважины в крепких породах	3900 (930)	1480...1520
Сларрит В	шпур и скважины любой степени обводненности	3180...3260	900...1250
Сларрит М	шпур и скважины любой степени обводненности	3610...3990	900...1250
Эмульсолит	сухие и обводненные скважин	2710 (647)	1150...1250
Эмульсолит А-20	скважины диаметром не менее 150 мм сухие и любой степени обводненности	3300 (800)	1250...1350
Эмулогран Э-30	сухие и обводненные (в полиэтиленовых рукавах) скважины	3500 (853)	1100...1150
Эмулогран Э-50	сухие и обводненные (в полиэтиленовых рукавах) скважины	3200 (780)	1100...1140

1	2	3	4
Ифзанит Т-20	сухие, осушенные и обводненные (в полиэтиленовых рукавах) скважины	(794)	1340...1380
Ифзанит Т-60	сухие, осушенные и обводненные (в полиэтиленовых рукавах) скважины	(905)	1480...1520
Ифзанит Т-80	сухие, осушенные и обводненные (в полиэтиленовых рукавах) скважины	(930)	1520...1560
Эмульсионные			
Нитронит Э-20	сухие и осушенные скважины в породах любой крепости	3550...3600 (847...859)	900...1050
Нитронит Э-30	сухие и осушенные скважины в породах любой крепости	3450...3530 (823...842)	1000...1200
Нитронит Э-50	сухие, осушенные и слабообводненные скважины в породах любой крепости	3280...3370 (782...804)	1050...1250
Нитронит Э-70	скважины любой степени обводненности в породах любой крепости	3090...3220 (737...768)	1050...1250
Нитронит Э-100	скважины любой степени обводненности в породах любой крепости	2810...2970 (668...708)	1050...1250
Сибирит 1000	скважины любой степени обводненности в породах любой крепости	3050 (729)	1200...1250
Сибирит 1500	скважины любой степени обводненности в породах любой крепости	2580 (617)	1200...1300

Таблица 3.6

Поправочный коэффициент на максимально допустимый размер куска (d_{\max})

Допустимый размер куска d_{\max} , м	0,250	0,500	0,750	1,0	1,25	1,5
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Для расчета q_p при диаметре скважин 100–400 мм и максимальном размере куска $d_{\max} = 0,25 \div 2$ м для любого взрывчатого вещества можно пользоваться формулой

$$q_p = 0,13 \cdot \sqrt[4]{f} \cdot (0,6 + 3,3 \cdot d_0 \cdot d_3) (0,5 / d_{\max})^{\frac{2}{5}} \cdot e \cdot \rho,$$

где d_3 – диаметр заряда (принимается равным диаметру скважины), м;
 d_0 – средний размер отдельностей в массиве, м (прил. 1);
 ρ – плотность дробимой горной породы, т/м³.

На основе обобщения многолетнего опыта ведения взрывных работ в различных породах и условиях, трестом «Союзвзрывпром» определены расчетные расходы эталонного промышленного взрывчатого вещества (аммонит Н6ЖВ для зарядов рыхления и выброса) (табл. 3.7). В случае, если применяются другие взрывчатые вещества, расчетный удельный расход q_p , выбранный по табл. 3.7, необходимо умножить на поправочный коэффициент e (стр. 33):

$$q_p = q_{\text{рых}} \cdot e,$$

$$q_p = q_{\text{выб}} \cdot e.$$

Расчетный удельный расход аммонита № 6ЖВ

Порода	Коэффициент крепости, f	Расчетный удельный расход ВВ (кг/м ³) для зарядов	
		рыхления, $q_{рых}$	выброса, $q_{выб}$
Песок	–	–	1,6–1,8
Песок плотный или влажный	–	–	1,2–1,3
Суглинок тяжелый	–	0,35–0,4	1,2–1,5
Глина ломовая	–	0,35–0,45	1,0–1,4
Лесс	–	0,3–0,4	0,9–1,2
Мел, выщелоченный мергель	0,8–1	0,25–0,3	0,9–1,2
Гипс	1–1,5	0,35–0,45	1,1–1,5
Известняк-ракушечник	1,5–2	0,35–0,6	1,4–1,8
Опока, мергель	1–1,5	0,3–0,4	1,0–1,3
Туфы трещиноватые плотные, тяжелая пемза	1,5–2	0,35–0,5	1,2–1,5
Конгломерат, брекчии на известковом и глинистом цементе	2,3–3	0,35–0,45	1,1–1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдястый серицитовый мергель	3–6	0,4–0,5	1,2–1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	5–6	0,4–0,5	1,2–1,8
Известняк, песчаник, мрамор	6–8	0,45–0,7	1,2–2,1
Гранит, гранодиорит	6–12	0,5–0,7	1,7–2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	6–18	0,6–0,75	1,7–2,2
Кварцит	12–14	0,5–0,6	1,6–1,8
Порфирит	16–20	0,7–0,75	2,0–2,2

3.1.4. Параметры буровзрывных работ

По выбранным значениям диаметра заряда (диаметра скважины) и расчетного удельного расхода ВВ вычисляются параметры скважинных зарядов (рис. 3.1).

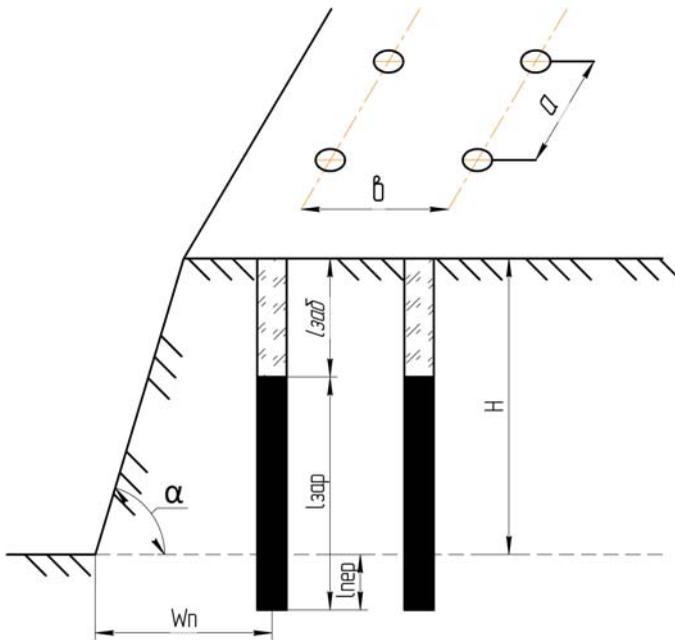


Рис. 3.1. Параметры скважинного заряда

1. Вместимость 1 м скважины рассчитывается по формуле

$$P = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \Delta,$$

где Δ – плотность ВВ в скважине, кг/м³.

2. Предельная линия сопротивления по подошве уступа W_n определяется по формуле

$$W_n = 0,9 \sqrt{\frac{P}{q_p}}.$$

Формулой пользуются только в случае, если

$$W_n \leq 0,8 \cdot H,$$

где H – высота уступа, м.

Если полученная величина $W_n > 0,8 \cdot H$, то принимается величина W_n , равная $(0,6 \div 0,8)H$.

В тех случаях, когда заряд в скважине по форме близок к сосредоточенному, допускается увеличение W_n до $(0,9 \div 1)H$.

3. Полученную величину линии сопротивления необходимо проверить по условию безопасного ведения буровых работ

$$W_{\text{б}} = H \cdot \text{ctg}\alpha + C,$$

где H – высота взрываемого уступа, м;

α – угол откоса уступа, град;

C – минимально допустимое расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, принимаемое $C = 3$ м.

При этом должно выполняться условие

$$W_{\text{б}} \leq W_n.$$

Если условие не выполняется, то необходимо применять наклонные или парносближенные скважины, котловые заряды (пункт 3.2). В этом случае линия сопротивления для наклонных скважин будет определяться по формуле

$$W_n = \frac{1}{\sin\beta} \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p}},$$

где β – угол наклона скважины к горизонту (принимается по характеристике бурового станка), град.

Линия сопротивления для парносближенных скважин будет определяться по формуле

$$W_{\text{пс}} = \sqrt{\frac{2P}{q_p}}.$$

4. В зависимости от величин W_n , $W_{\text{пс}}$ определяется расстояние между скважинами в ряду a , между парами парносближенных скважин первого ряда $a_{\text{пс}}$ и между рядами скважин b

$$a = m \cdot W_n; \quad b = (0,8 \div 1) \cdot W_n; \quad a_{\text{пс}} = m \cdot W_{\text{пс}},$$

где m – коэффициент сближения скважин:

$m = 0,8 \div 1,1$ для вертикальных скважин;

$m = 0,9 \div 1,3$ для наклонных скважин.

При применении в первом ряду парносближенных скважин расстояние между скважинами во втором и последующих рядах и между рядами скважин определяют в зависимости от W_n , вычисленной для условий одиночной скважины.

5. Максимальная величина перебура скважин (одиночных и парносближенных) рассчитывается по формуле

$$\ell_{\text{пер}} \leq 0,5q_p \cdot W_n.$$

Окончательно $\ell_{\text{пер}}$ принимают по результатам массовых взрывов.

6. Глубина скважины (м):

– вертикальной $L = H + \ell_{\text{пер}}$;

– наклонной $L = \frac{H}{\sin \beta} + \ell_{\text{пер}}$.

7. Величина забойки скважин (одиночных и парносближенных) принимается из выражений

$$0,5 \cdot W_n \leq \ell_{\text{заб}} < W_n \quad \text{или} \quad \ell_{\text{заб}} \cong 0,75 \cdot W_n.$$

8. Масса заряда в скважине:

– для первого ряда $Q_{31} = q_p \cdot W_n \cdot a \cdot H$;

– для последующих рядов $Q_{3п} = q_p \cdot a \cdot b \cdot H$;

– для первого ряда парносближенных скважин

$$Q_{31}^{\text{пс}} = q_p \cdot W_{\text{пс}} \cdot a_{\text{пс}} \cdot H/2.$$

9. Предельно возможная масса ВВ в скважине (для одиночной и одной парносближенной)

$$Q_{\text{пр}} = P \cdot (L - \ell_{\text{заб}}).$$

Если предельно возможная масса ВВ в скважине окажется меньше расчетной ($Q_{з1}$, $Q_{зп}$, $Q_{з1}^{пс}$), то необходимо уменьшить коэффициент сближения скважин или длину забойки, увеличить глубину перебура, применить другое взрывчатое вещество, выбрать другой диаметр заряда (диаметр скважины). Если расчетная масса заряда в скважине ($Q_{з1}$, $Q_{зп}$, $Q_{з1}^{пс}$) окажется меньше предельной, то с учетом ее величины уточняется длина забойки, величина перебура, коэффициент сближения скважин, применяются скважины другого диаметра.

Если длина заряда меньше половины глубины скважины, заряд рассредотачивают воздушными или породными промежутками.

Длину воздушного (породного) промежутка вычисляют по формулам

$$\ell_{вп} = L - \ell_{зар} - \ell_{заб};$$

$$\ell_{вп} = (0,17 \div 0,35) \cdot \ell_{зар} \quad \text{при } H \leq 15 \text{ м.}$$

Нижнюю часть заряда принимают равной $Q_n = (0,6 \div 0,7) \cdot Q_з$.

10. Выход взорванного грунта (V) с 1 м скважины:

– для первого ряда скважин

$$V = \frac{W_n \cdot a \cdot H}{L};$$

– для последующих рядов

$$V = \frac{a \cdot b \cdot H}{L}.$$

3.1.5. Определение типовой серии и интервалов замедления при короткозамедленном взрывании

Под типовой серией массового взрыва на карьере понимается общая масса одновременно взрываемого промышленного взрывчатого вещества за один массовый взрыв и количество скважин, вхо-

дящих в типовую серию. Исходными данными для расчета типовой серии служат: годовой объем разрушаемой горной породы ($A_{\text{год}}$), количество массовых взрывов в течение месяца (n), средняя масса заряда в одной скважине (Q_{31} и $Q_{3п}$), удельный расход ВВ. Типовая серия устанавливается расчетным путем.

Объем горной породы, разрушаемой за один массовый взрыв

$$V_{\text{мв}} = \frac{A_{\text{год}}}{12n}.$$

Общая масса одновременно взрывающегося взрывчатого вещества

$$Q_{\text{общ}} = V_{\text{мв}} \cdot q_{\text{р}}.$$

Количество скважин, входящих в типовую серию

$$N = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{31}}.$$

Расположение скважин на блоке (однорядное или многорядное), а также количество рядов студент определяет в проекте самостоятельно.

При массовых взрывах на карьерах используется одновременно большое количество взрывчатых веществ, что значительно увеличивает безопасные расстояния и границу опасной зоны, снижает устойчивость бортов карьеров. Поэтому, для каждого предприятия устанавливается (в курсовой работе может задаваться) масса заряда в одной серии и предельный вес заряда массового взрыва или количество рядов скважин и скважин в ряду.

Для одной серии должно быть пробурено количество скважин

$$N_{\text{с}} = \frac{Q_n}{q_{\text{р}} \cdot V \cdot L},$$

где Q_n – масса заряда одной серии, кг.

Количество рядов скважин или серий

$$N_p = \frac{Q_m}{Q_n},$$

где Q_m – предельный вес заряда массового взрыва, кг.

Интервал замедления при КЗВ рассчитывается по формуле

$$\tau = A \cdot W_n,$$

где τ – интервал замедления, мс;

A – коэффициент, зависящий от крепости взрываемого грунта, мс/м.

Значение коэффициента A в зависимости от взрываемых пород можно принимать в курсовом проекте:

$A = 3$ – при коэффициенте крепости $f = 15 \div 20$ и выше;

$A = 4$ – при коэффициенте крепости $f = 10 \div 15$;

$A = 5$ – при коэффициенте крепости $f = 6 \div 10$;

$A = 6$ – при коэффициенте крепости f до 6.

Рассчитанный по формуле интервал замедления округляется в большую сторону до ближайших стандартных значений в зависимости от выбранных способа взрывания и средств замедления.

3.1.6. Выбор схемы монтажа взрывной сети

В зависимости от места производства взрыва, количества и схемы расположения взрываемых зарядов могут использоваться схемы, представленные в прил. 2. На карьерах нерудных строительных материалов при выборе схемы соединения зарядов необходимо исходить из соблюдения основного условия качественного производства буровзрывных работ – отбойки в крест напластования породы и господствующей системы трещин. Учитывать необходимо также блочность породы и требуемую степень дробления.

3.1.7. Схемы электровзрывных цепей и их расчет

В практике взрывных работ применяют схемы соединения электродетонаторов, представленные на рис. 3.2.

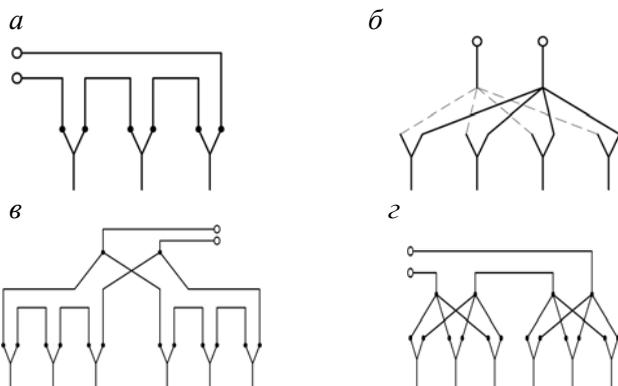


Рис. 3.2. Схемы соединения электродетонаторов:
a – последовательная; *б* – параллельно-пучковая;
в – последовательно-параллельная; *г* – параллельно-последовательная

При применении электрического способа взрывания необходимо рассчитать общее сопротивление взрывной сети и сравнить:

– с предельно допустимым сопротивлением (R_n), указанным в паспорте взрывной машинки для последовательных сетей

$$R_c \leq R_n;$$

– для последовательных сетей с парно-параллельным соединением

$$R_c = \frac{1}{4} R_n;$$

– для параллельно-пучковых сетей

$$R_{\text{с пучка}} = \frac{1}{n^2} R_n,$$

где n – число параллельных ветвей;

– для смешанных простых пучковых сетей и с парно-последовательным включением ЭД

$$R_{\text{с пучка}} = \frac{1}{n^2} R_n;$$

– для смешанных пучковых сетей с парно-параллельным соединением ЭД

$$R_{\text{с пучка}} = \frac{1}{4n^2} R_n.$$

Сопротивление сети при последовательном соединении ЭД рассчитывается по формуле

$$R_{\text{с}} = m r_{\text{д}} + 1,1(L_{\text{к}} \cdot r_{\text{к}} + L_{\text{у}} \cdot r_{\text{у}} + L_{\text{м}} \cdot r_{\text{м}}),$$

где m – количество электродетонаторов;

$r_{\text{к}}, r_{\text{у}}, r_{\text{м}}$ – сопротивление 1 м, соответственно, концевых участков и магистральных проводов, Ом;

$L_{\text{к}}, L_{\text{у}}, L_{\text{м}}$ – длина, соответственно, концевых, участковых, магистральных проводов, м;

$r_{\text{гi}}$ – сопротивление одного ЭД, Ом.

При параллельно-пучковом соединении сопротивление отдельной ветви равно

$$R_{\text{i пучка}} = R_n + 1,1(L_{\text{ки}} \cdot r_{\text{ки}} + L_{\text{yi}} \cdot r_{\text{yi}}),$$

где $L_{\text{ки}}, L_{\text{yi}}$ – длина, соответственно, концевых и участковых проводов данной ветви, м;

R_n – общее сопротивление ЭД в сети, Ом;

$r_{\text{ки}}, r_{\text{yi}}$ – сопротивление 1 м, соответственно, концевых и участковых проводов данной ветви, Ом.

Сопротивление всей сети

$$R = 1,1(L_{\text{м}} \cdot r_{\text{м}} + L_{\text{с}} \cdot r_{\text{с}}) + \frac{1}{\frac{1}{R_{1n}} + \frac{1}{R_{2n}} + \dots + \frac{1}{R_{nn}}}.$$

При одинаковых сопротивлениях ветвей

$$R = 1,1(L_{\text{м}} \cdot r_{\text{м}} + L_{\text{с}} \cdot r_{\text{с}}) + \frac{R_n}{n}.$$

3.2. Котловые заряды рыхления

Данный метод применяется преимущественно в породах IV–VIII групп по СНИП, когда требуется преодолеть завышенное W_n .

Котлы создаются, как правило, взрывом небольших зарядов взрывчатого вещества в нижней части скважины. Величина прострелочного заряда принимается исходя из необходимой массы котлового заряда и простреливаемости породы, которая характеризуется объемом, получаемым при взрыве 1 кг взрывчатого вещества (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Показатель простреливаемости пород

Порода	Группа крепости породы по СНИП	Показатель простреливаемости, $\text{дм}^3/\text{кг}$
Глина пластичная	I	500–1000
Глина плотная	II	200–400
Суглинок тяжелый	II	120
Крепкие глины	III	110
Лесс	III–IV	100
Мел	IV	45
Гипс	IV–V	30
Известняк-ракушечник	V–VI	20
Опока, мергель	V–V	20
Туфы трещиноватые, плотная тяжелая пемза	V	15
Конгломерат и брекчия на известняковом цементе	V–VI	10
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	VI–VII	7–10
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе	VII–VIII	4–7
Известняк, песчаник	VII	4–7
Гранит, гранодиорит	VII–X	4–7
Базальт, андезит	IX–XI	2–4
Кварцит	X	2
Порфирит	X	2

Величина заряда простреливания (кг)

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q_3}{(\Pi_{\text{пр}} \cdot \Delta)^n},$$

где Q_3 – расчетная величина заряда в котле, кг;

$\Pi_{\text{пр}}$ – показатель простреливаемости породы, $\text{дм}^3/\text{кг}$;

Δ – плотность заряда в котле, $\text{кг}/\text{дм}^3$;

n – показатель степени, равный порядковому номеру простреливания; для последнего простреливания $n = 1$.

Величина основного заряда ВВ определяется по формуле

$$Q_3 = q_p \cdot W^3,$$

где W – линия наименьшего сопротивления, м.

Максимальная величина первого прострелочного заряда определяется из условия, что его длина в скважине должна быть не более двух диаметров котла. Ориентировочно требуемый диаметр котла (м)

$$D_k = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_3}{\Delta}},$$

где V – объем котловой полости, м^3 .

Требуемый объем котловой полости (м^3) рассчитывают по формуле

$$V = \frac{Q_3}{\Delta}.$$

Линия наименьшего сопротивления для котлового заряда принимается равной $(0,6 \div 0,9) \cdot H$. Расстояние между котловыми зарядами в ряду принимается

$$a = (1 \div 1,5) \cdot W.$$

Расстояние между рядами

$$b = (1,0 - 1,1) \cdot W.$$

Котловые заряды применяют при однорядном расположении скважин или для первого ряда при многорядном. Расчет зарядов для последующих рядов проводится по формуле

$$Q_{\text{пр}} = k_{\text{зс}} \cdot q_{\text{р}} \cdot a \cdot b \cdot H,$$

где $k_{\text{зс}}$ – коэффициент, учитывающий действие заряда в данной среде, $k_{\text{зс}} = 1,1 \div 1,3$.

Для улучшения дробления породы в верхней части уступа, в устьевую часть скважины допускается введение дополнительного заряда ВВ.

Так как котловой заряд дробит породу в зоне диаметром $(0,6 \div 0,9) \cdot W$, то за пределами этой зоны и следует размещать дополнительный заряд, величина которого равна

$$Q_{\text{доп}} = [L - ((0,6 \div 0,9) W + \ell_{\text{заб}})] P.$$

Необходимая величина верхней части забойки принимается равной $(15 \div 25) \cdot d_3$.

Конструкция котлового заряда приведена на рис. 3.3.

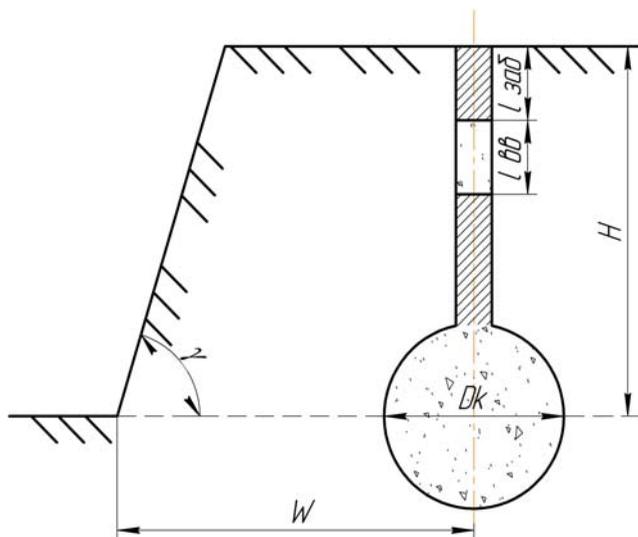


Рис. 3.3. Конструкция и параметры котлового заряда

3.3. Шпуровые заряды рыхления

Для шпуровых зарядов выбирают предельную величину сопротивления по подошве из условия

$$W_{\text{пш}} = (0,7 \div 1,0) H.$$

Необходимый диаметр шпура для выбранного значения $W_{\text{пш}}$

$$d \geq \frac{W_{\text{пш}}}{47k_{\text{т}}} \sqrt{\frac{\rho}{\Delta \cdot e}},$$

где $k_{\text{т}}$ – коэффициент структуры массива (табл. 4.7).

На небольших уступах (до 3 м) фактическую величину $W_{\text{пш}}$ принимают равной высоте уступа. При высоте уступа от 3 до 5 м величина $W_{\text{пш}}$ может быть меньше $(0,7 \div 1,0) H$ и рассчитывается по формуле

$$W_n = 0,96 \sqrt{\frac{p}{q}}.$$

Таблица 3.7

Значение коэффициента структуры массива

Грунты (породы)	Категория трещиноватости по шкале Межведомственной комиссии по взрывному делу	$k_{\text{т}}$
1	2	3
Монолитные и крупноблочные вязкие с размерами отдельностей, превышающими расстояние между зарядами, а также многолетнемерзлые скальные	V	0,9
Разбитые на отдельности сомкнутыми или зацементированными трещинами	IV	0,95

1	2	3
Трещиноватые, трещины могут быть заполнены мягкими образованиями	III	1,0
Сильнотрещиноватые; массив разбит на мелкие блоки зияющими или заполненными рыхлыми образованиями трещинами любого направления	II	1,05
То же, при горизонтальном направлении трещин и наличии слабых прослоек на подошве, а также мелкоблочные полускальные	I	1,1

Данное значение $W_{\text{пш}}$ впоследствии уточняется по результатам опытных взрывов. Вместимость шпуров принимают по расчету или по уточненным значениям практики. Если расчетное значение $W_{\text{пш}}$ превышает $(0,7 \div 1,0) H$, то необходимо уменьшить диаметр шпуров.

При инициировании зарядов электрическим способом или с помощью ДШ расстояние между шпурами в ряду принимается из выражения $a = (0,8 \div 1,3) W_{\text{пш}}$, при инициировании огневом способом $a = (1,2 \div 1,5) W_{\text{пш}}$.

3.4. Дробление негабаритных кусков породы

Дробление осуществляется методами шпуровых или накладных зарядов.

При дроблении кусков шпуровыми зарядами параметры можно выбирать из табл. 3.8. Нижний предел глубины бурения и массы заряда принимается для пород V категории, верхний – для пород XI категории по СНиП.

Для дробления негабаритных кусков породы накладными зарядами применяют специальные (кумулятивные) заряды ЗКН (без облицовки кумулятивной выемки) и ЗКП (со стальной облицовкой). Типоразмер кумулятивного заряда выбирается в зависимости от линейного размера и объема куска (табл. 3.9).

Таблица 3.8

Параметры шпуровых зарядов при дроблении негабарита

Диаметр заряда 32 мм		
Длина ребра куска негабарита, м	Глубина бурения, см	Масса заряда, г
0,5	15	20–40
0,6	20	30–60
0,7	25	40–80
0,8	25–30	50–100
0,9	35–40	70–140
1	45–50	90–180
1,1	50–55	100–200
1,2	55–60	120–250
1,3	60–65	140–280
1,4	65–70	170–340
1,5	70–80	190–380

Таблица 3.9

Параметры кумулятивных зарядов

Кумулятивный заряд	Размеры заряда, мм		Предельные размеры разрушаемых кусков	
	диаметр	высота	максимальная толщина, м	объем, м
ЗКП-200	100	41	0,8	0,8
ЗКП-400	125	57	1	1,6
ЗКП-1000	175	72	1,4	2,5
ЗКП-2000	200	82	2,2	4,4
ЗКП-4000	250	105	2,8	6,9
ЗКН-180	90	35	0,55	0,75
ЗКН-260	100	40	0,75	0,9
ЗКН-500	130	50	1	1,6
ЗКН-1000	150	75	1,2	2
ЗКН-2000	190	90	1,6	3,1
ЗКН-4000	230	115	2	5

Масса взрывчатого вещества для дробления негабарита определяется по формуле

$$Q_{\text{ВВ}} = q_{\text{у}} \cdot V_{\text{н}},$$

где $q_{\text{у}}$ – удельный расход ВВ, кг/м³ (по аммониту N6ЖВ) (табл. 3.10);

$V_{\text{н}}$ – общий объем негабаритных кусков, м³.

Удельный расход ВВ для дробления негабарита выбираем по табл. 3.10.

Таблица 3.10

Базовый расход ВВ на дробление 1000 м³ негабаритных кусков

Заряды	Группа грунтов по СНиП							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Шпуровые	140	180	230	280	330	380	440	480
Накладные	720	950	1200	1425	1700	1920	2150	2400
Кумулятивные	400	500	600	700	800	900	1000	1100

Объем негабаритных кусков при взрыве блока

$$V_{\text{н}} = \frac{\gamma V}{100},$$

где γ – выход негабарита, %;

V – объем разрушаемой породы, м³.

При одновременном дроблении нескольких негабаритных кусков общая масса ВВ накладных или кумулятивных зарядов не должна превышать 20 кг. Заряды по возможности укладываются в выемки (углубления) и закрываются забойкой (для кумулятивных не нужно).

3.5. Контурное взрывание на карьерах

Контурное взрывание позволяет избежать нарушения массива горных пород за пределами проектного профиля, обеспечивает крутые устойчивые откосы и способствует уменьшению трудоемких работ по зачистке основания и откосов выемок.

Контурное взрывание применяют для оконтуривания профильных выемок, оформления дорожных полков, обрушения потенциально неустойчивых массивов, обработки защитных слоев.

На карьерах применяют два метода контурного взрывания: предварительное щелеобразование и контурная отбойка.

При методе предварительного щелеобразования по контуру выемки выбуривают ряд сближенных скважин; в скважины вводят заряды малого диаметра (в 2–3 раза меньше диаметра скважины) и выполняют взрыв для образования сплошной щели. При последующих взрывах зарядов рыхления щель экранирует вызываемые ими волны напряжения, предохраняя законтурный массив от повреждения.

Метод контурной отбойки отличается от метода предварительного щелеобразования тем, что здесь нет скважин рыхления, и отбойку горной массы выполняют взрывом зарядов в контурных скважинах. Поэтому контурная отбойка применима в тех случаях, когда мощность отбиваемого слоя невелика (до 4 м для прочных скальных пород). Исходя из сказанного, этот метод применяют при оформлении порталов тоннелей, зарезаемых в крутых косогорах; при выполаживании откосов над дорожными полками; при обрушении потенциально неустойчивых массивов; при обработке горизонтальных защитных слоев и т. п.

Расстояние между скважинами (м) при контурном взрывании

$$a = 22d_3 \cdot k_3 \cdot k_y,$$

где d_3 – диаметр заряда, м;

k_3 – коэффициент зажима. При полном зажиме (оконтуривание котлована и т. п.) $k_3 = 0,85$, при работе на косогоре или уступе при числе рядов скважин рыхления более трех, а также при контурной отбойке $k_3 = 1$, в этих же условиях, но при меньшем числе зарядов скважин рыхления $k_3 = 1,1$;

k_y – коэффициент геологических условий. При отсутствии ярко выраженной системы напластовываний или трещиноватости $k_y = 1,0$; при угле откоса равном 90° $k_y = 0,9$; при угле $20\text{--}70^\circ$ $k_y = 0,85$; при горизонтальном залегании и при совпадении геологических плоскостей с щелью $k_y = 1,15$.

Глубина контурных скважин (м) должна быть больше глубины скважин рыхления на $10d$

$$L_k = \frac{H}{\sin \varphi} + l_{\text{пер}} + 10d_{\text{скв}},$$

где φ – угол наклона оконтуриваемой поверхности к горизонту;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебура скважин рыхления, м.

Забойка верхней части контурных скважин повышает эффективность взрыва и, главное, предохраняет от разрушения массив в районе устьев скважин. Однако при горизонтальном напластовании с малой связью между пластами, забойка способствует поднятию верхних пластов, что нежелательно.

Длина забойки или, при ее отсутствии, незаряженной части скважины

$$l_{\text{заб.к}} = h \geq 2, \text{ м,}$$

где h – мощность зоны на вышележащем горизонте, нарушенной взрывами или вследствие интенсивного выветривания.

Расстояние между контурными скважинами и скважинами рыхления по подошве $b_k = (10 \div 20)d_{\text{скв}}$. Меньшие значения принимают при горизонтальном напластовании.

Линейная масса заряда (кг/м) ориентировочно может быть подсчитана по формуле или принята по табл. 3.11

$$p = 0,2n_1 + 0,3,$$

где n_1 – расстояние между трещинами, м.

Для контурного взрывания используют заряды-гирлянды из патронов аммонита, преимущественно № 6ЖВ. При этом линейная масса заряда регулируется расстоянием между патронами взрывчатого вещества.

Критериями качества контурного взрывания являются степень неровности поверхности в промежутках между отпечатками скважин (не более ± 15 см) и суммарная длина отпечатков (не менее 75 % длины скважин).

Линейная масса заряда контурных скважин

Расстояние между контурными скважинами, м	Диаметр скважин, мм	Линейная масса заряда (кг/м) при коэффициенте крепости f		
		4–6	6–12	12–16
0,8–1,0	80–100	0,4	0,5	0,7
1,0–1,2	80–100	0,5	0,6	0,8
1,2–1,5	100	0,7	0,8	1,0
1,5–2,0	100–150	1,0	1,2	1,5
2,0–2,5	100–200	1,2	1,5	1,8

3.6. Рыхление мерзлых грунтов

Рыхление мерзлых грунтов взрывным способом целесообразно выполнять при слое мерзлоты более 0,5 м. При глубине промерзания до 1,5 м применяют шпуровые, а более 1,5 м – скважинные заряды.

Рациональный диаметр заряда (заполнение шпура, скважины на 2/3 глубины)

$$d_3 = 50H_m \cdot \sqrt{\frac{q_{pm}}{\Delta}},$$

где H_m – толщина слоя мерзлоты, м;

q_{pm} – расчетный удельный расход ВВ (кг/м^3) при дроблении мерзлоты.

Для мерзлой глины и строительного мусора 0,7÷0,9; для моренного суглинка с галькой 0,6÷0,7; для песчаных и растительных грунтов 0,4÷0,5.

Диаметр шпура принимают 45–65 мм при глубине промерзания 1–1,5 м, диаметр скважины 75–110 при глубине промерзания 1,5–2,5 м.

Масса шпурового (скважинного) заряда

$$Q_3 = k \cdot P \cdot H_m,$$

где k – коэффициент (для шпурового заряда – 0,7; для скважинного – 0,5);

P – вместимость шпура (скважины), кг/м .

Общее число зарядов на заданную площадь рыхления

$$N = \frac{H_M S q_p}{Q_3},$$

где S – площадь участка, подлежащего рыхлению, m^2 .

Расстояние между рядами в ряду равно $a = (0,85 \div 1,3)H_M$, расстояние между рядами $b = (0,85 \div 1)H_M$. Большие значения принимают для слабых, менее обводненных грунтов. Глубина шпуров $l_{ш} = (0,85 \div 0,9)H_M$.

Взрывные работы при рыхлении мерзлых грунтов наиболее целесообразно проводить электрическим способом или с применением неэлектрических систем. Для наиболее эффективного дробления необходимо применять короткозамедленное взрывание.

При дроблении мерзлых грунтов узкими полосами (траншеи, узкие котлованы и т. д.), а также в случае необходимости получения четкого профиля выемки (и устойчивости боковых стенок), глубина шпуров (скважин) не должна превышать ширины траншеи по верху. В противном случае необходимо проектировать взрывные работы послойно (отдельными уступами) с экскавацией раздробленного грунта.

В процессе взрывных работ по дроблению мерзлых грунтов периодически (в целях корректировки параметров зарядов и их взаимного расположения) необходимо проводить замеры фактической мощности мерзлого слоя (осень-зима, зима-весна).

3.7. Скважинные заряды выброса

Применяются при строительстве траншей, каналов. В соответствии с проектными параметрами выемки рассчитывается вес эквивалентного сосредоточенного заряда выброса

$$Q_{3c} = (0,4 + 0,6n^3)q_B W,$$

где W – глубина заложения заряда, равная глубине выемки, м;

n – показатель действия взрыва;

q_B – расчетный удельный расход ВВ для зарядов выброса, $кг/м^3$ (табл. 3.5).

Расстояние между сосредоточенными зарядами в ряду (однорядное)

$$a = 0,5W(n + 1).$$

Глубина скважинных зарядов принимается равной

$$L = (1,1 \div 1,25)W.$$

Вес скважинного заряда определяется при условии заполнения скважины на $2/3$ глубины

$$Q_3 = \frac{2 \cdot L \cdot P}{3} \approx 0,7PL.$$

Расстояние между скважинами в ряду

$$a_{\text{ск}} = a \frac{Q_3}{Q_{3\text{с}}}.$$

Расстояние между рядами скважин при многорядном взрывании

$$b_{\text{ск}} = a_{\text{ск}}.$$

Если в результате расчета расстояние между скважинами в ряду $a_{\text{ск}} < 2d_3$, то необходимо применить скважины большего диаметра, или кусты из двух-трех скважин (парносближенные).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗВАЛА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Ширина развала взорванной породы (B_0 , м) приближенно может быть рассчитана по формулам:

– для однорядного мгновенного взрывания (рис. 4.1, a , b , v , z)

$$B_0 \approx k_{\text{в}} k_{\beta} H \sqrt{q_{\text{р}}},$$

где k_B – коэффициент, характеризующий взрываемость породы ($k_B = 3 \div 3,5; 2,5 \div 3; 2 \div 2,5$, соответственно, для легко-, средне- и трудновзрываемых пород);

k_β – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины β к горизонту

$$k_\beta = 1 + 0,5\sin(\pi - 2\beta);$$

– для многорядного КВЗ без подпорной стенки (рис. 4.1, д)

$$B_M = k_3 \cdot B_0 + (N_p - 1)b,$$

где k_3 – коэффициент дальности отброса взорванной породы, зависящий от величины интервала замедления (табл. 4.1);

N_p – число рядов скважин;

b – расстояние между рядами скважин, м.

Таблица 4.1

Коэффициент дальности отброса породы

Интервал замедления между рядами скважин τ , мс	k_3
0	0
10	0,95
25	0,9
50	0,85
≥ 75	0,8

При многорядном взрывании с подпорной стенкой (рис. 4.1, е) ширина развала ($B_{МП}$) взорванной породы рассчитывается по формуле

$$B_{МП} = \left(1 - \frac{Ш_{п}}{k_p W + Ш_{п}} \right) B_0 + (N_p - 1)b,$$

где $Ш_{п}$ – ширина подпорной стенки, м;

k_p – коэффициент разрыхления породы в подпорной стенке ($k_p \approx 1,05 \div 1,1$).

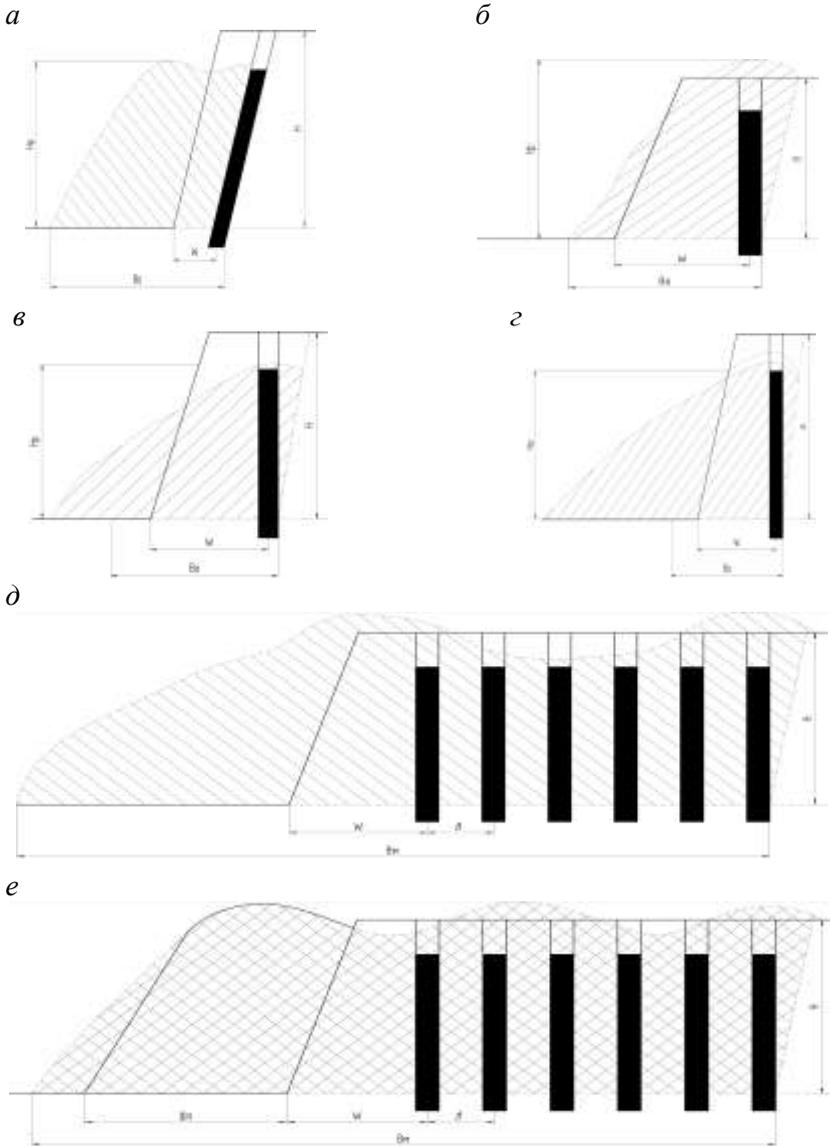


Рис. 4.1. Параметры развала взорванной горной породы:
a, б, в, г – однорядное взрывание соответственно наклонных, вертикальных
 уменьшенных, нормальных и увеличенных зарядов; *д* – многорядное взрывание
 без подпорной стенки; *е* – многорядное взрывание с подпорной стенкой

При дроблении пород вертикальными скважинными зарядами развал имеет форму, близкую к треугольной. При дроблении пород наклонными скважинными зарядами – трапециевидную.

Высота развала при однорядном взрывании скважинных зарядов равна

$$H_p \approx (0,5 \div 0,8)H.$$

Для развала трапециевидного профиля длина верхнего основания равна

$$\text{Ш}_в \approx 0,3 (B_0 - W) + 3,5.$$

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

Опасной зоной принято считать пространство, в пределах которого возможно проявление вредного действия взрыва на людей, инженерные сооружения, технику, окружающую среду. Единые правила безопасности при взрывных работах предписывают определение расстояний по воздействию на людей ударной воздушной волны (УВВ), по разлету отдельных кусков породы, воздействию УВВ и сейсмической волны на инженерные сооружения.

5.1. Зона, опасная по разлету отдельных кусков породы (грунта)

5.1.1. Скважинные заряды рыхления

Расстояние $r_{\text{раз}}$ (м), опасное для людей при взрывании скважинных зарядов рыхления определяется по формуле

$$r_{\text{раз}} = 1250\eta_3 \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{\text{заб}}} \cdot \frac{d_c}{a}},$$

где η_3 – коэффициент заполнения скважины взрывчатыми веществами;

$\eta_{\text{заб}}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой;

a – расстояние между скважинами в ряду или рядами скважин, м.

Коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом η_3 определяется по формуле

$$\eta_3 = \frac{\ell_{\text{зар}}}{L}.$$

Коэффициент заполнения скважины забойкой $\eta_{\text{заб}}$ определяется по формуле

$$\eta_{\text{заб}} = \frac{\ell_{\text{заб}}}{\ell_{\text{н}}},$$

где $\ell_{\text{н}}$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м.

При полном заполнении забойкой свободной от заряда части скважины $\eta_{\text{заб}} = 1$, при взрывании скважинных зарядов без забойки $\eta_{\text{заб}} = 0$.

При взрывании серии скважинных зарядов с различными a , η_3 , $\eta_{\text{заб}}$ расчет безопасного расстояния должен проводиться по наименьшим значениям a , $\eta_{\text{заб}}$ и наибольшему η_3 из имеющихся в данной серии. Если массив представлен породами с различной крепостью, в расчете $r_{\text{раз}}$ следует принимать наибольшее значение коэффициента крепости f .

При применении параллельно-сближенных зарядов диаметром $d_{\text{скв}}$ принимается их эквивалентный диаметр d_3

$$d_3 = d_c \sqrt{N},$$

где N – число параллельно-сближенных скважин в кусте.

При взрывах на косогорах или превышении верхней отметки взрываемого участка над границей опасной зоны более чем на 30 м, размеры опасной зоны $r_{\text{раз}}$ в направлении вниз по склону должны быть рассчитаны по формуле

$$R_{\text{раз}} = r_{\text{раз}} \cdot K_{\text{раз}},$$

где $K_{\text{раз}}$ – коэффициент, учитывающий рельеф местности.

При взрывании на косогоре

$$K_{\text{раз}} = 1 + \text{tg}\beta_{\text{к}},$$

где $\beta_{\text{к}}$ – угол наклона косогора к горизонту, градус.

В том случае, если известно превышение места взрыва $H_{\text{в}}$ над границей опасной зоны $r_{\text{раз}}$, $K_{\text{раз}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{раз}} = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4H_{\text{в}}}{r_{\text{раз}}}} \right).$$

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

Безопасные расстояния до инженерных сооружений и механизмов определяются с учетом конкретных условий.

5.1.2. Взрывы на выброс, сброс и сосредоточенных зарядов рыхления

Безопасные расстояния по разлету кусков породы при взрывании на выброс и сброс определяются по табл. 5.1 в зависимости от значения показателя действия взрыва заряда n и линии наименьшего сопротивления W .

При взрывании на косогорах безопасное расстояние должно быть увеличено на величину $K_{\text{раз}}$. Для серии зарядов с различными значениями W и n радиус опасной зоны определяется для наибольшего W при одинаковых n или для наибольшего n при одинаковых W . Если оба значения (W и n) являются переменными, то определяется наибольшая из $\Gamma_{\text{раз}}$, которую и принимают в качестве опасной зоны.

Для сосредоточенных зарядов рыхления ($n < 1$) выбирается заряд с наибольшей W и пересчитывается на заряд нормального выброса $W_{\text{нв}}$ ($n = 1$) по формуле

$$W_{\text{нв}} = \frac{5W}{7}.$$

Затем по табл. 5.1 определяем $r_{\text{раз}}$ для заряда с рассчитанным W и $n = 1$.

Таблица 5.1

Радиусы опасной зоны

ЛНС W , м	Радиусы опасной зоны (м) для людей при значении показателя действия взрыва заряда			
	1,0	1,5	2,0	2,5–3,0
1,5	200	300	350	400
2	200	400	500	600
4	300	500	700	800
6	300	600	800	1000
8	400	600	800	1000
10	500	700	900	1000
12	500	700	900	1200
15	600	800	1000	1200
20	700	800	1200	1500
25	800	1000	1500	1800
30	800	1000	1700	2000

5.2. Определение сейсмически безопасных расстояний

Расстояния (м), на которых колебания грунта при взрыве сосредоточенного заряда становятся безопасными, определяется по формуле

$$r_c = K_r K_c \alpha \sqrt[3]{Q},$$

где K_r – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании сооружения (скальные породы ненарушенные – 5; нарушенные, трещиноватые – 8; необводненные песчаные, глинистые грунты – 12; обводненные, с высоким уровнем грунтовых вод – 15; водонасыщенные – 20);

K_c – коэффициент, зависящий от типа сооружения и характера застройки (одиночные железобетонные производственные здания – 1-, 2-3-этажные кирпичные – 1,5, небольшие жилые поселки – 2);

α – коэффициент, зависящий от условий взрывания (заряды рыхления и камуфлета – 1, заряды выброса – 0,8);

Q – масса заряда, кг.

При неодновременном взрывании N зарядов общей массой Q со временем замедления между зарядами не менее 20 мс безопасное расстояние рассчитывается по формуле

$$r_c = \frac{K_\Gamma K_c \alpha}{N_\Gamma^{0,25}} \cdot Q^{\frac{1}{3}},$$

где N_Γ – число групп зарядов или отдельных зарядов, взрываемых через замедление.

Сейсмобезопасное расстояние определяется для объектов различных типов.

5.3. Определение расстояний, безопасных по действию УВВ на застекление

При взрывах наружных и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления при взрывании пород VI–VIII групп по СНиП безопасные расстояния r_b определяются по формулам

$$r_b = 200\sqrt[3]{Q_3}, \quad \text{при } 1000 \text{ кг} \leq Q_3 < 5000 \text{ кг};$$

$$r_b = 65\sqrt{Q_3}, \quad \text{при } 2 \text{ кг} \leq Q_3 < 1000 \text{ кг};$$

$$r_b = 63\sqrt[3]{Q_3^2}, \quad \text{при } Q_3 < 2 \text{ кг},$$

где Q_3 – эквивалентная масса заряда, кг.

Для наружных зарядов

$$Q_3 = K_n \cdot Q,$$

где K_n – коэффициент, значение которого определяется соотношением $l_{заб}/l_{зар}$ (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Значение коэффициента K_n

$l_{заб}/l_{зар}$	0	1	2	3	4
K_n	1	0,5	0,3	0,1	0,03

Для группы $N_{гр}$ скважинных (шпуровых) зарядов (длиной более 12 диаметров заряда), взрывааемых одновременно

$$Q_3 = 12 \cdot P \cdot d_c \cdot K_3 \cdot N_{гр},$$

где K_3 – коэффициент, зависящий от соотношения длины забойки к диаметру скважины (шпура) (табл. 5.3);

$N_{гр}$ – число зарядов, приходящихся на ступень замедления.

Таблица 5.3

Значение коэффициента K_3

$l_{заб}/d_c$	0	5	10	15	20
K_3	1	0,15	0,02	0,003	0,002

В случае инициирования зарядов детонирующим шнуром суммарная масса взрывчатого вещества в сети детонирующего шнура добавляется к значению Q_3 . При использовании короткозамедленного взрывания необходимо принимать к расчету группу с максимальной Q_3 . При интервале замедления от 10 до 20 мс r_v должно быть увеличено в 2 раза, при интервале замедления от 20 до 30 мс – в 1,5 раза, при интервале замедления от 30 до 50 мс в 1,2 раза. При взрывании пород IX и выше по СНиП безопасное расстояние увеличивается в 1,5 раза. При взрыве в породах по СНиП < VI применяется поправочный коэффициент 0,5.

5.4. Определение границы опасной зоны

За безопасное расстояние необходимо принимать наибольшее из рассчитанных расстояний по различным поражающим факторам. Для людей при взрывных работах на открытой местности границу опасной зоны следует принимать не менее:

наружные заряды	300 м
шпуровые заряды	200 м (на косогорах 300 м)
скважинные заряды	≥ 200 м
котловые заряды	≥ 300 м
камерные заряды	≥ 300 м
простреливание скважин для образования котлов	100 м

6. ПРОИЗВОДСТВО МАССОВОГО ВЗРЫВА. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

Взрывные работы на предприятиях ведутся по проектам, которые разрабатываются на каждый взрыв на основе Типового проекта, в котором приводится распорядок проведения массового взрыва. В распорядке отражаются вопросы организации подготовки и проведения взрыва. В проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

1. Подготовка блока к заряданию.
2. Перевозка ВМ к месту взрыва.
3. Изготовление боевиков и зарядание скважин (шпуров).
4. Монтаж взрывной сети.
5. Охрана взрываемого блока и взрывоопасной зоны.
6. Порядок и назначение сигналов для взрывных работ.
7. Допуск людей к блоку после взрыва.

Разработка вопросов данного раздела проекта производится в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах и проведенными расчетами.

7. СХЕМА ПАРАМЕТРОВ МАССОВОГО ВЗРЫВА

В данном разделе курсового проекта приводится план расположения скважин (шпуров) на взрываемом объекте со схемой монтажа взрывной сети и замедлителей (с указанием интервалов замедления), средств инициирования и их количества. По одному из сечений вычерчивается разрез скважинных (шпуровых) зарядов с нанесением численных значений рассчитанных параметров (величина забойки, перебура, длина заряда ВВ, величина линии сопротивления по подошве, расстояние между рядами скважин и др.), наименования применяемых ВВ, боевиков. Отдельно вычерчивается конструкция патрона-боевика (промежуточного детонатора). Примерная схема расположения скважин, разрезы, конструкция заряда приведены на рис. 7.1.

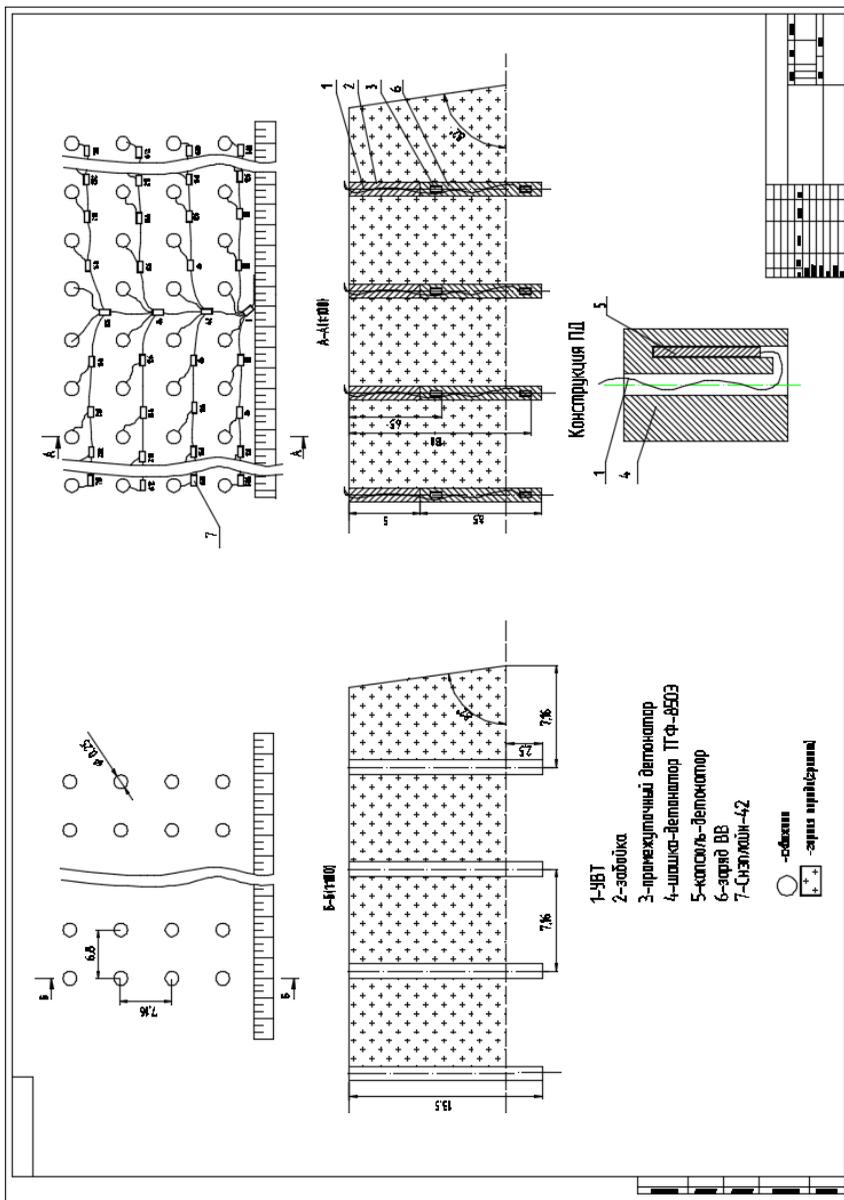


Рис. 7.1. Графическая часть курсового проекта

8. СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТА

По результатам расчетов составляется сводная ведомость показателей проекта массового взрыва в виде таблицы. В ней должны отражаться основные параметры скважинных (шпуровых) зарядов, объем взрываеваемой породы, удельный расход ВВ и средств взрывания на дробление 1 м³ породы. Примерный перечень показателей приведен в табл. 8.1. Фактический перечень показателей определяется студентом (по согласованию с преподавателем) с учетом метода взрывных работ и способа взрывания.

Таблица 8.1

Сводная ведомость показателей проекта

Наименование показателей	Расчетное значение
Объем взрываеваемого массива, м ³	
Число скважин	
Высота уступа, м	
Глубина скважины, м	
Величина перебура, м	
Расстояние между рядами скважин, м	
Расстояние между скважинами в ряду, м	
Линия сопротивления по подошве, м	
Длина заряда, м	
Длина забойки, м	
Наименование взрывчатого вещества	
Масса заряда в скважине, кг	
Вместимость 1 м скважины, кг	
Общий объем бурения, м	
Удельный расчетный расход, кг/м ³	
Выход горной массы, м ³ : - с 1 м скважины - с одной скважины	

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутузов, Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: учебник для вузов / Б. Н. Кутузов. – 3-е изд., стереотипное. – М.: Недра, 2018.
2. Ганопольский, М. И. Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы / М. И. Ганопольский, В. Л. Барон, В. А. Беллин. – 2-е изд. – М.: Недра, 2013.
3. Кутузов, Б. Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности / Б. Н. Кутузов. – М.: Недра, 2009.
4. Кутузов, Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов / Б. Н. Кутузов. – 3-е изд., стереотипное. – М.: Недра, 2018.
5. Кутузов, Б. Н. Проектирование и организация взрывных работ / Б. Н. Кутузов, В. Н. Беллин. – М.: Недра, 2019.
6. Единые правила безопасности при взрывных работах. – М.: НПО ОБТ, 1992. – 238 с.
7. Проектирование взрывных работ в промышленности / Э. Б. Башкуев [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 359 с.
8. Поздняков, З. Г. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания / З. Г. Поздняков, Б. Л. Росси. – М.: Недра, 1977.
9. Дубнов, Л. В. Промышленные взрывчатые вещества / Л. В. Дубнов, Н. С. Бахаревиц, А. И. Романов. – М.: Недра, 1988.
10. Справочник взрывника / под ред. Кутузова. – М.: Недра, 1988.
11. Нормативный справочник по буровзрывным работам / Ф. А. Авдеев [и др.]. – М.: Недра, 1986.
12. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации. Приказ Ростехнадзора от 15.09.2011 N 537.
13. https://expertvr.ru/explosives/cats/vzryvchatye_veshestva/
14. https://www.avtomats.com.ua/2813-selection_of_cable.html
15. <https://helpiks.org/7-9370.html>
16. <https://vunivere.ru/work16648/>
17. Atlas Copco - КЕН ГРУП.
18. <http://tms-rt.ru>uploads>2018112> Техмашсервис.

Значения коэффициента $K_{тр}$

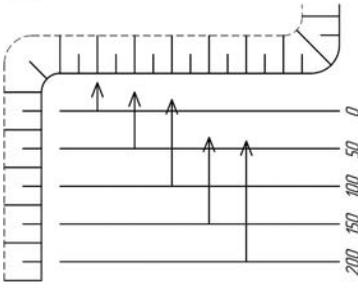
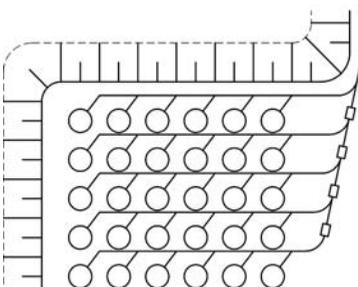
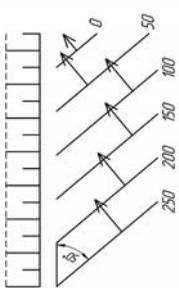
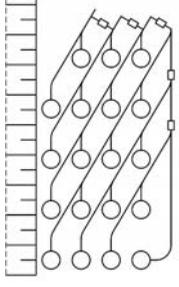
Категория пород по трещиноватости	d_0 , см	Породы и типичные горно-геологические условия	$K_{тр}$
1	2	3	4
I. Чрезвычайно трещиноватые	< 10	Сильно выветренные осадочные и метаморфические полускальные породы ($\Sigma\sigma < 70$ МПа) в зонах интенсивных тектонических нарушений; полускальные и скальные нарушенные породы (после выветривания) в верхней части нижележащего слоя высотой 2–6 м	0,1–0,2
II. Сильнотрещиноватые	10–20	Слоистые и сланцевые осадочные и метаморфические полускальные породы ($\Sigma\sigma < 70$ МПа) и наименее прочные скальные ($\Sigma\sigma < 100$ МПа) породы в геосинклинальных областях	0,3–0,4
	20–50	Массивные осадочные полускальные породы ($\Sigma\sigma < 70$ МПа), магматические и метаморфические скальные породы средней прочности ($\Sigma\sigma = 100–150$ МПа) в зонах сильных тектонических нарушений	0,5–0,6
III. Среднетрещиноватые	50–70	Слоистые и сланцеватые осадочные и метаморфические полускальные и скальные породы ($\Sigma\sigma < 100$ МПа) в платформенных областях; массивные осадочные полускальные породы ($\Sigma\sigma < 70$ МПа) в зонах умеренной тектонической деятельности	0,65–0,75
	70–100	Массивные осадочные полускальные породы ($\Sigma\sigma < 70$ МПа) в платформенных областях; магматические и метаморфизованные скальные породы ($\Sigma\sigma = 100 – 150$ МПа) в зонах умеренной тектоники	0,75–0,85

Окончание прил. 1

1	2	3	4
IV. Мало трещиноватые	100–120	Скальные осадочные, метаморфические и магматические породы ($\Sigma \sigma = 100 - 150$ МПа) в платформенных областях	0,85–0,9
	120–150	Магматические, метаморфические и осадочные скальные породы ($\Sigma \sigma = 150 - 200$ МПа) в платформенных областях; периферийные части эффузивов	0,9–0,95
V. Практически монолитные	> 150	Магматические и метаморфизованные скальные породы ($\Sigma \sigma \geq 200-250$ МПа) в платформенных областях; центральные части молодых эффузивов; исключительно крупноблочные песчаники и известняки	0,95–1,0

Схемы взрывных сетей (ДШ)

Группы схем	Варианты схем	Схемы с прямолинейным расположением зарядов		Условия применения
		Схема действия рядов зарядов	Монтажная схема	
1	2	3	4	5
Продольные	Порядные последовательные			Фронтальный забой, подобранный откос уступа, легко взрываеваемые породы
	Порядные врубовые			Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, не менее трех рядов скважин, породы средней и ниже средней взрываемости, необходимость уменьшения развала

1	2	3	4	5
<p>Поле- речные</p>	<p>Порядные последо- вательные</p>			<p>Фронтальный забой, подобран- ный и неподобренный откосы уступа, не менее четырех рядов скважин, породы средней и ни- же средней взрываемости, откос уступа обнажен во фланге</p>
<p>Диаго- наль- ные</p>	<p>Порядные последо- вательные</p>			<p>Фронтальный забой, подобран- ный и неподобренный откосы уступа, сложное строение мас- сива, не менее четырех рядов скважин, имеется ограничение по сейсмическому эффекту</p>

1	2	3	4	5
Трапециевидные				Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, трудновзрываемые породы сложной структуры
Через одну				То же, но имеется ограничение по сейсмическому эффекту
С оконтуривающим рядом скважин				Фронтальный забой, не менее четырех рядов скважин, необходимость сохранения сплошности массива за линией последнего ряда

Учебное издание

СТАСЕВИЧ Владимир Иванович
ОНИКА Сергей Георгиевич

ПРОЕКТ МАССОВОГО ВЗРЫВА

Пособие

Редактор *Е. О. Германович*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 24.06.2020. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,48. Уч.-изд. л. 3,5. Тираж 150. Заказ 272.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.