



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный технический
университет**

Кафедра «Горные работы»

С.Г. Оника

В.И. Стасевич

И.М. Ковалёва

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ

Электронный учебно-методический комплекс

Минск

БНТУ

2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные работы»

С.Г. Оника

В.И. Стасевич

И.М. Ковалёва

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ

*Электронный учебно-методический комплекс
для специальностей 1-51 02 01 «Разработка месторождений по-
лезных ископаемых (по направлениям)»,
1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»*

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск

БНТУ

2016

УДК 622.235

ББК 33.133

Рецензенты:

Ю.И. Макаревич;

начальник Управления надзора за безопасностью горных и взрывных работ, металлургическими производствами и утилизации боеприпасов Госпромнадзора РБ

кандидат технических наук, доцент В.И. Пачинин;
зав. кафедрой информационных систем и технологий Института информационных технологий БГУИР

Оника, С.Г.

Разрушение горных пород взрывом: электронный учебно-методический комплекс для специальностей 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)», 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»/ С.Г. Оника, В.И. Стасевич, И.М. Ковалёва. – Минск: БНТУ, 2016. – 168 с.

В электронном учебно-методическом комплексе рассмотрены оборудование, материалы и технические процессы дробления горных пород взрывом

УДК 622.235
ББК 33.133

©Оника С.Г., Стасевич В.И.,
Ковалёва И.М., 2016

©Белорусский национальный
технический университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 7 |
| 1. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ КАК ОБЪЕКТ РАЗРУШЕНИЯ | 8 |
| 1.1 Свойства, влияющие на эффективность разрушения горных пород взрывом | 8 |
| 1.2 Классификации горных пород по их крепости, буримости, трещиноватости и взрываемости | 9 |
| 1.2.1 Классификация горных пород проф. Протоdjeяконова М.М. | 9 |
| 1.2.2 Классификация горных пород по буримости. | 10 |
| 1.2.3 Классификация горных пород по взрываемости | 10 |
| 1.2.4 Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости | 13 |
| 2. БУРЕНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН | 13 |
| 2.1. Понятие шпура и скважины. Бурение..... | 13 |
| 2.2 Классификация способов бурения взрывных скважин и шпуров | 14 |
| 2.3 Общая характеристика способов бурения..... | 15 |
| 2.4 Вращательный способ бурения шпуров | 15 |
| 2.5 Ударно-поворотный способ бурения шпуров | 18 |
| 2.6 Шнековое бурение скважин..... | 22 |
| 2.7. Бурение скважин станками с погружными пневмударниками..... | 22 |
| 2.8 Шарошечное бурение скважин..... | 24 |
| 2.9 Термический (огневой) способ бурения скважин | 29 |
| 3. ТЕОРИЯ ВЗРЫВА И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ | 30 |
| 3.1 Понятие о взрыве и ВВ. Промышленные ВВ (индивидуальные и смесевые) | 30 |
| 3.2 Кислородный баланс взрывчатых веществ. Управление кислородным балансом..... | 32 |
| 3.3 Ядовитые газы взрыва | 33 |
| 3.4 Основные свойства взрывчатых веществ | 34 |
| 3.5 Виды взрывчатого превращения ВВ..... | 37 |
| 3.6 Основные положения теории детонации. Передача детонации на расстояние. Определение скорости детонации | 37 |
| 3.7 Факторы, влияющие на детонацию зарядов промышленных ВВ | 40 |
| 3.8 Испытания на передачу детонации на расстояние и полноту детонации..... | 42 |
| 3.9 Определение скорости детонации..... | 43 |
| 3.10 Кумулятивный эффект | 44 |
| 3.11 Определение работоспособности ВВ..... | 45 |
| 3.12 Определение бризантности ВВ..... | 46 |
| 3.13 Определение чувствительности ВВ | 47 |
| 4. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА..... | 49 |

| | |
|--|-----|
| 4.1. Классификация взрывчатых веществ..... | 49 |
| 4.2 Компоненты промышленных ВВ | 52 |
| 4.3 Простейшие промышленные ВВ, не содержащие тротила | 56 |
| 4.4 Гранулированные тротилсодержащие ВВ | 58 |
| 4.5 Порошкообразные тротилсодержащие ВВ | 63 |
| 4.6 Водосодержащие промышленные ВВ | 64 |
| 4.7 Эмульсионные промышленные ВВ..... | 65 |
| 4.8 Предохранительные взрывчатые вещества | 66 |
| 4.9 Условия применения ВВ | 67 |
| 5. СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВА ВВ | 68 |
| 5.1 Классификация средств и способов инициирования (взрывания) | 68 |
| 5.2 Огневое и электроогневое инициирование зарядов взрывчатых веществ | 69 |
| 5.3 Электрический способ инициирования Расчет электровзрывных сетей | 74 |
| 5.4 Инициирование с помощью детонирующего шнура | 82 |
| 5.5 Взрывание по радиосигналу | 86 |
| 5.6 Неэлектрическая система инициирования | 87 |
| 6. ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА СРЕДУ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД..... | 91 |
| 6.1 Заряд ВВ. Классификация зарядов ВВ. Общие принципы расчёта зарядов ВВ | 91 |
| 6.2 Дробящее действие взрыва в горных породах..... | 94 |
| 6.3 Способы оценки гранулометрического состава взорванной горной массы..... | 95 |
| 6.4 Сейсмическое действие взрыва и его воздействие на здания и сооружения | 97 |
| 6.5 Шкала сейсмического действия взрыва. Критерии сейсмического действия взрыва | 98 |
| 6.6 Определение сейсмически безопасных расстояний при взрывах | 100 |
| 6.7 Ударные воздушные волны взрывов. Параметры ударных воздушных волн | 102 |
| 6.8 Расстояния, безопасные по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения..... | 103 |
| 6.9 Развал и разлёт кусков породы при взрыве..... | 104 |
| 7. ВЗРЫВЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ..... | 107 |
| 7.1 Методы взрывных работ и условия их применения. Технология мгновенного и короткозамедленного взрывания | 107 |
| 7.2 Метод скважинных зарядов рыхления. Параметры взрыва скважинных зарядов рыхления и их расчёт | 109 |
| 7.3 Вместимость скважин | 112 |
| 7.4 Линия сопротивления по подошве уступа | 112 |

| | |
|--|-----|
| 7.5 Регулирование степени дробления горных пород..... | 113 |
| 7.6 Управление сейсмическим, ударно-воздушным действием взрыва, развалом и разлётом кусков породы | 113 |
| 7.6.1 Снижение сейсмического действия взрыва | 113 |
| 7.6.2 Снижение ударно-воздушного действия взрыва..... | 118 |
| 7.7 Контурное взрывание на карьерах | 119 |
| 7.8 Взрывные работы при добыче природного камня..... | 120 |
| 8.ВЗРЫВЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ | 121 |
| 8.1 Технологии проведения выработок с применением БВР | 121 |
| 8.2 Расчёт параметров БВР при обычном и гладком (контурном) взрывании | 124 |
| 8.2.1 Расчет параметров БВР при гладком (контурном) взрывании | 126 |
| 8.3 Выбор взрывчатых веществ | 127 |
| 8.4 Диаметр и глубина основного комплекта шпуров | 129 |
| 8.5 Удельный расход ВВ и количества ВВ на цикл | 130 |
| 8.6 Типы врубов..... | 133 |
| 8.7 Параметры шпуров и конструкции шпуровых зарядов | 134 |
| 8.8 Паспорт буровзрывных работ..... | 136 |
| 9.ТЕХНОЛОГИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ | 137 |
| 9.1 Технологии контурного взрывания..... | 137 |
| 9.2 Проведение взрывов на выброс и сброс | 139 |
| 9.2.1 Взрывание на выброс..... | 139 |
| 9.2.2 Взрывание на сброс | 141 |
| 9.3 Рыхление мерзлых грунтов..... | 143 |
| 9.4 Взрывные работы при взрывном разрушении фундаментов | 144 |
| 9.5 Взрывное обрушение зданий и сооружений в стеснённых условиях | 146 |
| 9.6 Взрывание под укрытием..... | 149 |
| 10. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ | 154 |
| 10.1 Хранение взрывчатых материалов | 154 |
| 10.2 Приём, выдача и учёт взрывчатых материалов | 156 |
| 10.3 Доставка взрывчатых материалов к месту взрыва | 158 |
| 10.4 Охрана опасной зоны и сигнализация при взрывных работах | 163 |
| 10.5 Уничтожение взрывчатых материалов | 164 |
| Приложение 1 | 166 |
| Список использованной литературы..... | 168 |

Введение

Одним из процессов большинства технологических схем добычи твердых полезных ископаемых является отделение их от сплошного массива и дробление на куски требуемых размеров. До настоящего времени (и на ближайшую перспективу) наиболее эффективным и практически единственным способом отделения скальных пород от массива является дробление их энергией взрыва. Связано это с тем, что при взрыве заряда ВВ массой 1 кг выделяется практически мгновенно ($\approx 2 \cdot 10^{-5}$ сек) энергия в 70 млн. кВт [1], что не сопоставимо с мощностью, развиваемой механизмами с использованием механических, электрических, термических способов разрушения или их комбинаций.

Взрывные работы во многом определяют эффективность других операций технологического процесса: погрузки, транспортирования, дальнейшей переработки (дробление, грохочение и пр.). Это связано с оптимальной крупностью дробления горной породы, выходом негабаритных кусков, состоянием технологических площадок, уступов и др. элементов карьера.

В настоящее время можно выделить 3 основных направления развития буровзрывных работ:

1. Дальнейшая разработка теории детонации промышленных взрывчатых веществ (ПВВ).
2. Разработка классификаций горных пород для оценки воздействия на них энергии взрыва.
3. Разработка эффективных промышленных ВВ и средств их инициирования.
4. Создание высокоэффективного оборудования для бурения и переработки горных пород.

1. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ КАК ОБЪЕКТ РАЗРУШЕНИЯ

Разрушение горной породы – нарушение естественной сплошности (минеральных агрегатов, массива горной породы) под действием сил различной природы (естественных и искусственных). Это чрезвычайно сложный процесс, зависящий от большого числа факторов (величина и скорость нагружения, прочность, плотность, пористость и т.д.). Разрушение начинается на микроскопическом уровне и при стечении ряда факторов приобретает макроскопические последствия. В технологических процессах присутствует в основном принудительное разрушение (механическое или взрывное воздействие). В целом различают три основных способа воздействия на горную породу, которые обусловлены тремя основными видами энергии:

- механической;
- термической;
- электромагнитной.

Таким образом, свойства горных пород, влияющие на их разрушение можно разделить на следующие группы:

I. Плотностные свойства - определяют поведение породы в гравитационном поле.

II. Механические свойства - упругие, акустические, прочностные, пластические, геологические, горно-технологические.

III. Тепловые - поведение породы при нагреве и охлаждении.

IV. Электромагнитные - поведение горных пород в электрическом и магнитном полях.

Изучение этих свойств, разработка оборудования и методик их определения имеют решающее значение для проектирования буровзрывных работ, выбора необходимого оборудования, разработки и внедрения норм на проведение буровых и взрывных работ.

1.1 Свойства, влияющие на эффективность разрушения горных пород взрывом

1. Плотность - отношение массы горной породы к ее объему в естественном состоянии, кг/м^3 .

2. Пористость - отношение объема пор в образце к объему этого образца.

3. Предел прочности на одноосное сжатие – отношение разрушающей силы, приложенной к образцу, к площади поперечного сечения образца.

4. Сопротивление горной породы одноосному растяжению – отношение растягивающей (взрывающей) силы к площади поперечного сечения образца.

5. Модуль Юнга (модуль упругости) - отношение нормального напряжения к деформации, вызванной этим напряжением.

6. Скорость распространения продольных и поперечных волн в массиве - определяются аналитически или экспериментально.

7. Абразивность - способность изнашивать рабочие органы горной машины, контактирующей с горной породой в процессе бурения, экскавации, транспортировки.

8. Твердость - сопротивление горной породы проникновению в нее другого тела.

9. Теплопроводность - способность горной породы к переносу энергии от более нагретых частей к менее нагретым.

10. Разрыхляемость - отношение объема горной породы в разрушенном состоянии к объему массива (целика). Характеризуется коэффициентом разрыхления.

11. Трещиноватость - разделение горной породы трещинами вследствие нагрева, охлаждения, уплотнения, тектонических процессов. Характеризуется размером отдельностей в массиве.

Более подробно свойства горных пород рассматриваются дисциплиной «Физика горных пород».

1.2 Классификации горных пород по их крепости, буримости, трещиноватости и взрываемости

Существующие классификации горных пород основываются на горно-технических и физико-механических характеристиках и позволяют выбрать метод ведения взрывных работ, буровое оборудование, взрывчатые вещества, определить нормы выработки, расход взрывчатых материалов.

1.2.1 Классификация горных пород проф. Протодьяконова М.М.

Классификация основана на коэффициенте крепости горной породы f , который характеризует прочность горной породы при одноосном сжатии. Принято, что порода с прочностью $9,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (100 кгс/см^2) имеет $f=1$. Коэффициент крепости любой горной породы можно оценить по формуле:

$$f = \frac{\sigma_{\text{ж}}}{9,8 \cdot 10^6} \quad (1.1)$$

Классификация (табл.1) используется на предприятиях для проектных, технологических и экономических расчетов.

Таблица 1
Классификация горных пород проф. Протодьяконова М.М.

| Категория пород | Степень крепости | Горные породы | Коэффициент крепости f |
|-----------------|---------------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I | В высшей степени крепкие породы | Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы. | ≥ 20 |
| II | Очень крепкие породы | Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфирит, очень крепкий сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки. | 15 |
| III | Крепкие породы | Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды. | 10 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------|------------------------|--|-----|
| IIIa | То же | Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит, колчедан. | 8 |
| IV | Довольно мягкие породы | Обыкновенный песчаник. Железные руды. | 6 |
| IVa | То же | Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники. | 5 |
| V | Породы средней степени | Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат. | 4 |
| Va | То же | Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель. | 3 |
| VI | Довольно мягкие породы | Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька. | 2 |
| VIa | То же | Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина. | 1,5 |
| VII | Мягкие породы | Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкие наносы, глинистый грунт. | 1,0 |
| VIIa | То же | Легкая песчанистая глина, лесс, гравий. | 0,8 |
| VIII | Землистые породы | Растительная земля. Торф, легкий суглинок, сырой песок. | 0,6 |
| IX | Сыпучие породы | Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь. | 0,5 |
| X | Плывучие породы | Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные породы, грунты. | 0,3 |

1.2.2 Классификация горных пород по буримости

Буримость характеризуется чистой скоростью бурения шпура глубиной до 1 м при принятых стандартных условиях:

- бурильный молоток ПР-19(ПР-22)
- давление сжатого воздуха 0,45 МПа (4,5 кгс/см²)
- диаметр головки бура – 42 мм
- форма лезвия – крестовая
- угол заострения – 90⁰
- штанга – 1 м

После проведения опыта сравнивают полученный результат с наиболее близким табличным значением, и порода относится к соответствующему классу. Используя данный подход, составляются классификации для конкретных условий действующих или проектируемых карьеров, рудников.

1.2.3 Классификация горных пород по взрываемости

Взрываемость горной породы - сопротивляемость горной породы разрушению взрывом. Зависит от естественной трещиноватости (классификация по трещиноватости) и крепости. Классификация по взрываемости основана на определении удельного расхода некоторого взрывчатого вещества при стандартных условиях взрывания. При этом порода должна разрушаться на куски определенных размеров. Разнообразие массивов пород по взрываемости сведено до 10 категорий (табл.2)

Таблица 2

Классификация горных пород по взрываемости для карьеров

| Категория (класс по взрываемости) | Расчетный удельный расход ВВ, кг/м ³ | Расстояние между естественными трещинами всех систем в массиве, м | Содержание в массиве отделимых (%) размером | |
|-----------------------------------|---|---|---|---------------|
| | | | более 500 мм | более 1500 мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | 0,12—0,18 | <0,10 | 0—2 | 0 |
| II | 0,18—0,27 | 0,05—0,25 | 2—16 | 0 |
| III | 0,27—0,38 | 0,20—0,5 | 10—52 | 0—1 |
| IV | 0,38—0,52 | 0,45—0,75 | 45—80 | 0—24 |
| V | 0,52—0,68 | 0,70—1,0 | 75—98 | 2—15 |
| VI | 0,68—0,88 | 0,95—1,25 | 96—100 | 10—30 |
| VII | 0,88—1,1 | 1,20—1,5 | 100 | 25—47 |
| VIII | 1,11—1,37 | 1,45—1,7 | 100 | 43—63 |
| IX | 1,37—1,68 | 1,65—1,9 | 100 | 58—78 |
| X | 1,68—2,03 | ≥1,85 | 100 | 75—100 |

Основными критериями разделения горных пород по категориям является удельный расход взрывчатого вещества, который определяется с помощью экспериментальных взрывов и называется расчетным удельным расходом взрывчатого вещества. Классификация пород по взрываемости треста «Союзвзрывпром» получена обобщением многолетних данных расчетного удельного расхода взрывчатого вещества (для аммонита №6ЖВ) при ведении взрывных работ в различных породах (табл. 3). Для определения расчетного удельного расхода используемого взрывчатого вещества пользуются формулой:

$$g_{\text{ВВ}} = q \cdot e, \quad (1.2)$$

где e - переводной коэффициент для расчета эквивалентных зарядов ВВ по идеальной работе взрыва (эталон – аммонит 6ЖВ) (Табл. 4).

Таблица 3

Классификация пород по взрываемости треста «Союзвзрывпром»

| Порода | Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjьяконова | Средняя плотность породы ρ , кг/м ³ | Расчетный удельный расход ВВ q , кг/м ³ | |
|---------------------------|--|---|--|----------------------------|
| | | | для зарядов рыхления, q_p | для зарядов выброса, q_b |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Песок | — | 1500 | - | 1,6—1,8 |
| Песок плотный или влажный | — | 1650 | - | 1,2—1,3 |
| Суглинок тяжелый | — | 1750 | 0,35—0,4 | 1,2—1,5 |
| Глина ломовая | — | 1950 | 0,35—0,45 | 1,0—1,4 |
| Лесс | — | 1700 | 0,3—0,4 | 0,9—1,2 |
| Мел, выщелоченный мергель | 0,8—1,0 | 1850 | 0,25—0,3 | 0,9—1,2 |
| Гипс | 1,0—1,5 | 2250 | 0,35—0,45 | 1,1—1,5 |
| Известняк- ракушечник | 1,5—2,0 | 2100 | 0,35—0,6 | 1,4—1,8 |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---------|------|-----------|---------|
| Опока, мергель | 1,0—1,5 | 1900 | 0,3—0,4 | 1,0—1,3 |
| Туфы трещиноватые плотные, тяжелая пемза | 1,5—2,0 | 1100 | 0,35—0,5 | 1,2—1,5 |
| Конгломерат, брекчии на известняковом и глини- стом цементе | 2,3—3,0 | 2200 | 0,35—0,45 | 1,1—1,4 |
| Песчаник на глинистом цементе, сланец глини- стый, слюдистый, сери- цитовый мергель | 3,0—6,0 | 2200 | 0,4—0,5 | 1,2—1,6 |
| Доломит, известняк, маг- незит, песчаник на из- вестняковом цементе | 5,0—6,0 | 2700 | 0,4—0,5 | 1,2—1,8 |
| Гранит, гранодиорит | 6—12 | 2800 | 0,5—0,7 | 1,7—2,1 |
| Базальт, диабаз, андезит, габбро | 6—18 | 3000 | 0,6—0,75 | 1,7—2,2 |
| Кварцит | 12—14 | 3000 | 0,5—0,6 | 1,6—1,9 |
| Порфирит | 16—20 | 2800 | 0,7—0,75 | 2,0—2,2 |

Таблица 4

Переводные коэффициенты e для расчета эквивалентных зарядов ВВ
по идеальной работе взрыва (эталон – аммонит № 6ЖВ)

| ВВ | e | ВВ | e |
|-----------------------------|------|-----------------|---------|
| Карбатол ГЛ-10В | 0,76 | Порэмиты | 1,1—1,2 |
| Аммонал скаль- ный № 3 | 0,80 | Граммонит 79/21 | 1,00 |
| Гранулит АС-8В | 0,80 | Гранулотол | 1,20 |
| Аммонит скаль- ный № 1 | 0,81 | Акватол Т-20Г | 0,75 |
| Детонит М | 0,82 | Граммонит 50/50 | 1,11 |
| Алюмотол | 0,83 | Гранулит С-2 | 1,13 |
| Гранулит С-6М | 0,94 | Гранулит М | 1,13 |
| Акватол Т-20 | 0,92 | Игданит | 1,13 |
| Гранулит АС-8 | 0,89 | Гранипоры | 1,14 |
| Аммонал водо- устойчивый | 0,91 | Акватол | 1,16 |
| Гранулит АС-4 | 0,98 | Акванал А-10 | 0,92 |
| Аммонит 6ЖВ | 1,00 | Сибирити | 1,0—1,2 |

1.2.4 Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости

Частота, тип и вид трещин в массиве оказывают существенное влияние на физико-механические свойства горных пород.

Трещиноватость значительно снижает сопротивление горных пород механическим воздействием и облегчает отделение от массива, оказывает существенное влияние на выбор бурового инструмента, тип взрывчатого вещества и расчетный удельный расход, дробимость горной породы. При проектировании буровзрывных работ используют классификацию горных пород по степени трещиноватости (табл.5).

Таблица 5

Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости.

| Категория трещиноватости | Степень трещиноватости (блочности) массива | Среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м | Акустический показатель трещиноватости массива | Содержание (%) в массиве отдельностей размером, мм | | |
|--------------------------|--|---|--|--|--------|--------|
| | | | | +300 | +700 | +1000 |
| I | Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный) | 0,1 | 0-0,1 | 10 | 0 | 0 |
| II | Сильнотрещиноватый (среднеблочный) | 0,1-0,5 | 0,1-0,25 | 10-70 | 30 | 5 |
| III | Среднетрещиноватый (крупноблочный) | 0,5-1 | 0,25-0,4 | 70-100 | 30-80 | 5-40 |
| IV | Малотрещиноватый (весьма крупноблочный) | 1-1,5 | 0,4-0,6 | 100 | 80-100 | 40-100 |
| V | Практически монолитный (исключительно крупноблочный) | 1,5 | 0,6-1 | 100 | 100 | 100 |

2 БУРЕНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН

2.1. Понятие шпура и скважины. Бурение

Расчетный заряд взрывчатого вещества при производстве взрывных работ размещают в искусственных цилиндрических полостях. Процесс образования такой полости называют бурением. Бурение – разрушение буровым инструментом (коронкой, резцом, шарошкой) горной породы на забое скважины (шпура) и удаление буровой мелочи.

Шпур - искусственное цилиндрическое углубление в горной породе глубиной не более 5 м и диаметром до 75 мм.

Скважина - искусственное цилиндрическое углубление в горной породе глубиной более 5 м (при любом диаметре) или диаметром более 75 мм (при глубине менее 5 м).

Шпуры бурят при проходке подземных горных выработок, добыче штучного камня, обрушении зданий и сооружений, дроблении негабаритных

кусков горной породы, проходке траншей и каналов, при необходимости получения «гладкого» и практически ненарушенного откоса.

Скважины используют для добычи практически всех видов полезных ископаемых на карьерах.

2.2. Классификация способов бурения взрывных скважин и шпуров.

В настоящее время существует много способов бурения шпуров и скважин, которые можно разделить на четыре группы (табл.6).

Таблица 6.

Классификация способов бурения шпуров и скважин

| Способ бурения | | Способ воздействия на горную породу | Буровые установки |
|---------------------|---|--|--|
| Ударный | | Удар | Перфораторы. Бурильные молотки |
| Механический | Вращательный | Шарошечными долотами | Буровые станки шарошечного способа бурения |
| | | Резцовыми коронками | Станки шнекового бурения скважин, ручные и электрические колонковые сверла |
| | Ударно-вращательный | Удар, резание | Станки с погружными пневмоударниками |
| Физико-механические | Взрывной | Взрыв на забое полости | Опытные установки |
| | Огневой (термический) | Чрезвычайно быстрый нагрев на забое (поверхностный слой) | Комбинированные установки (бурение и термическое расширение нижней части скважины) |
| | Гидравлический | Гидравлический удар, раздавливание | В стадии разработки, испытаний, экспериментальные образцы |
| | Ультразвуковой | Ультразвуковое воздействие бурового инструмента на забой | |
| | Электроимпульсный (электрогидравлический) | Высоковольтный разряд и возникающий гидравлический удар | |
| Комбинированные | | Совместное воздействие на забой механическими и физико-механическими способами | |

2.3 Общая характеристика способов бурения.

Вращательный способ используется для бурения шпуров глубиной 1,5-5 м до $f=5$ и осуществляется ручными и колонковыми сверлами.

Ручные сверла предназначены для бурения шпуров диаметром до 43 мм и глубиной до 3 м в породах с $f \leq 2$. При этом подача на забой инструмента рабочим осуществляется вручную.

Колонковые электрические и гидравлические сверла для шпуров диаметром до 50 мм и глубиной до 5 м в породах с $f \leq 5$ крепятся на манипуляторах буровых кареток, распорных колонках, что позволяет увеличить осевое усилие на забой.

При ударном способе бурения шпуров используется пневматические бурильные молотки. Бурильные молотки делят на ручные, телескопные и колонковые массой 18-20 кг, 20-30 кг и >30 кг.

Ручными (легкими) перфораторами (бурильными молотками) бурят шпуры глубиной до 3-4 м и диаметром 40-46 мм в породах с $f \leq 5$, средними глубиной 4 м и диаметром до 50 мм, тяжелыми диаметром до 75 мм и глубиной бурения более 5 метров.

2.4 Вращательный способ бурения шпуров

Вращательное бурение шпуров диаметром до 50 мм и глубиной до 5 м производится в породах ниже средней крепости с $f \leq 6$ по шкале проф. Протодьяконова ручными и колонковыми сверлами.

Машины вращательного бурения в мягких породах показывают большую производительность, чем машины ударного действия, создают значительно меньший шум, меньше пылят и т.д. По роду потребляемой энергии их делят на : пневматические, электрические и гидравлические. По мощности и способу установки выделяют ручные, колонковые и устанавливаемые на манипуляторах буровых кареток.

Ручные электросверла предназначены для бурения шпуров диаметром до 50 мм и глубиной до 4 м в мягких породах с $f \leq 2$ при осевом усилии до 30 кг и имеют мощность двигателя от 1,0 до 1,4 кВт. Имеются ручные сверла с принудительной подачей, развивающие осевое усилие на забой до 3,0 кН, что позволяет сверлить более крепкие породы ($f \leq 4$). Работу этими сверлами производят вручную или с легкой распорной колонки.

Колонковые сверла массой 100–120 кг, с двигателем мощностью от 2,5 до 5 кВт применяют при сверлении шпуров диаметром до 40 мм, глубиной до 5 м в породах с коэффициентом крепости $f \leq 6-7$.

Ручные электросверла (рис. 1) ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М принципиально выполнены одинаково и различаются только некоторыми параметрами. Электродвигатель в них через понижающий редуктор вращает патрон шпинделя, в который вставлена буровая штанга с резцом на торце.

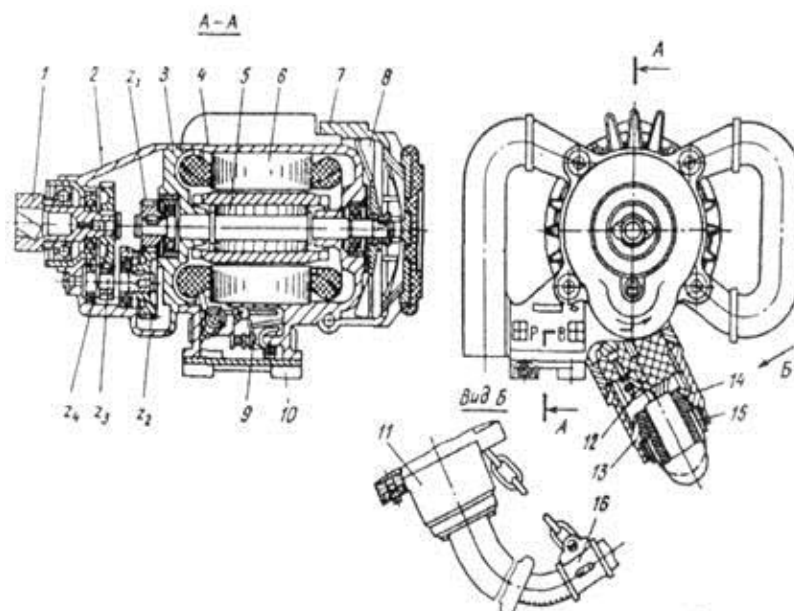


Рисунок 1 - Ручное электросверло СЭР-19М:

1 – шпиндель; 2 – передняя крышка; 3 – промежуточная перегородка; 4 – корпус; 5 – электродвигатель; 6 – статор; 7 – тыльная крышка; 8 – вентилятор; 9 – пусковое устройство; 10 – крышка; 11 – ввод кабеля; 12 – колодка из пластмассы; 13 – патрубок; 14 – заглушка; 15 – чайка; 16 – хомут; $z_1 - z_4$ – шестерни

В ручных сверлах принудительную подачу обеспечивает специальный механизм, который расположен на корпусе редуктора и состоит из червячной пары и барабана с тросиком, закрепленным на забое. Это позволяет при натяжении тросика червячной парой развивать осевое усилие на инструмент 3,0 кН.

Колонковые электрические или гидравлические сверла крепят на колонках или манипуляторах буровых кареток. Характеристики и марки сверл даны в табл.7 и табл.8.

Таблица 7

Техническая характеристика ручных электросверл

| Показатели | Ручные электросверла | | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|----------|-----------|
| | ЭР14Д-2М | СЭР-19М | ЭР18Д-2М | ЭРП18Д-2М |
| Мощность двигателя, кВт | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 860 | 600; 750; 960 | 640 | 300 |
| Усилие подачи н забой, кН | – | – | – | 3 |
| Масса сверла без колонки и кабеля, кг | 16 | 16,5 | 17 | 24 |

Таблица 8

Техническая характеристика электробуров и колонковых электросверл

| Показатели | Колонковые электросверла | | |
|---|--------------------------|---------|---------|
| | ЭБК-5 | СЭК-1 | ЭБГП-1 |
| Мощность двигателя, кВт | 3,6–4,8 | 3,6–4,8 | 3,5 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 152; 305 | 152;305 | 170;315 |
| Максимальные ход шпинделя, об/мин | 950 | 870 | 900 |
| Усилие подачи н забой, кН | 15 | 15 | 16 |
| Масса сверла без колонки и кабеля, кг | 110 | 112 | 130 |
| ЭР – электросверло ручное; СЭР – сверло электрическое ручное; ЭБК – электробур колонковый; СЭК – сверло электрическое колонковое; ЭБГП – электробур с гидроподачей. | | | |

Колонковое электросверло состоит из двухскоростного электродвигателя с контроллером, редуктора вращения и подачи шпинделя со штангой на забой.

Осевое усилие на забой может регулироваться специальным механизмом в широких пределах (2–15кН), что дает возможность легко подбирать необходимый режим работы в зависимости от крепости породы.

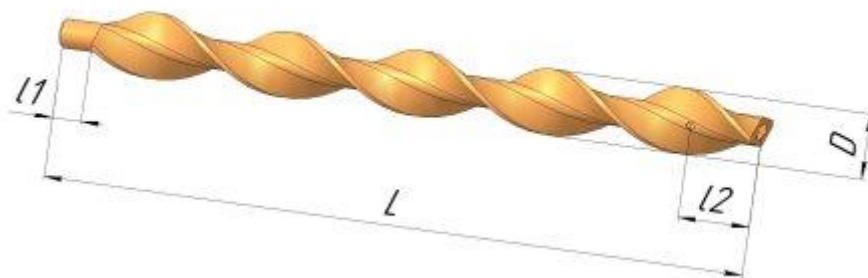
Буровой инструмент. При вращательном бурении шпуров применяют резцы с лезвиями (рис.2), армированными пластинками твердого сплава.

Витые штанги для вращательного бурения(рис.3) шпуров изготавливают из сталей ромбического , прямоугольного или круглого сечений .



Рисунок 2 - Буровые резцы РШ-181, РШ-183, РШ-183/3

а)



б)

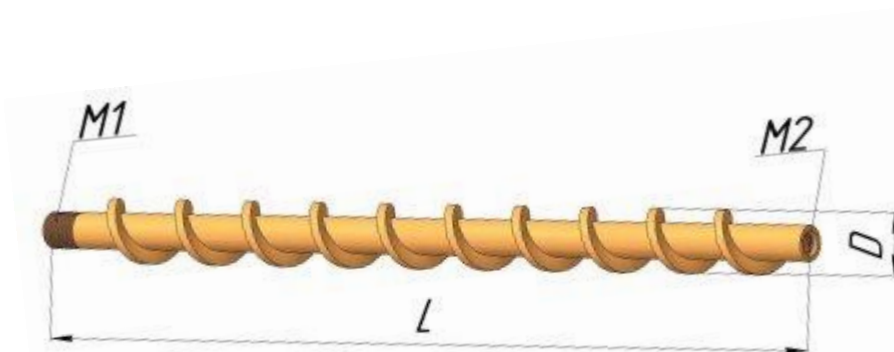


Рисунок 3 - Витые штанги для вращательного бурения
а) буровая витая ромбическая штанга; б) буровая витая полая штанга

2.5 Ударно-поворотный способ бурения шпуров

Ударно-поворотное бурение шпуров осуществляется пневматическими бурильными молотками. Они имеют малую относительную массу на единицу мощности, компактны и просты в обслуживании и эксплуатации. Бурильные молотки делят на ручные, телескопные и колонковые. Колонковые бурильные молотки делят на легкие (18–20 кг), средние (20–30 кг) и тяжелые (>30 кг).

При бурении поршень-ударник совершает поступательно-возвратные движения. При рабочем ходе поршень наносит удар по хвостовику бура. При холостом ходе поршень с помощью геликоидального стержня храпового устройства поворачивается на некоторый угол, поворачивая при этом через поворотную и соединительную муфты буровой инструмент.

Бурильные молотки применяются для бурения шпуров при проходке выработок, подземной отбойке угля и руд, на карьерах, при вторичном дроблении негабарита и других работах. Бурильные молотки легкие и средние устанавливают на пневмоподдержках, а тяжелые - на колонках или манипуляторах буровых кареток. Для бурения восстающих шпуров применяют телескопные бурильные молотки.

Бурильные молотки работают с промывкой шпуров водой или отсосом пыли. В последние годы при подземной добыче руд черных и цветных металлов используют шпур и скважины диаметром 50–70 мм и глубиной 5–20 м. Бурение таких шпуров и скважин производится самоходными буровыми каретками на пневмошинном или гусеничном ходу. Эти каретки используют в комплексе с зарядным и погрузочно-транспортным самоходным оборудованием. На таких каретках применяют мощные бурильные молотки. В последние годы широкое распространение получили гидроударные установки, более производительные, чем пневматические. Технические характеристики пневматических бурильных молотков приведены в табл. 8 и табл. 9.

Таблица 9

Техническая характеристика пневматических бурильных молотков

| Показатели | Легкие | | | Средние | |
|---|--------|-------|-------|---------|-------|
| | ПР-18Л | ПР-19 | ПР-22 | ПР-24Н | ПР-25 |
| Масса, кг | 18 | 22 | 25 | 26 | 25 |
| Ход поршня, мм | 40 | 50 | 55 | 40 | 35 |
| Диаметр поршня, мм | 68 | 68 | 72 | 85 | 85 |
| Расход воздуха, м ³ /мин | 2,6 | 2,5 | 2,8 | 3 | 2,8 |
| Расход воды, л/мин | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Диаметр буровой стали, мм | 22 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Допускаемый диаметр буровой коронки, мм | 45 | 46 | 49 | 49 | 49 |
| Энергия удара поршня, кДж·10 | 3,5 | 3,5 | 5 | 5 | 5 |
| Число ударов в минуту | 2700 | 1850 | 1850 | 2500 | 2600 |
| Глубина бурения, м | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Таблица 10

Техническая характеристика тяжёлых пневматических бурильных молотков

| Показатели | Тяжелые | | |
|---|---------|-------|-------|
| | КС-50 | ПК-60 | П-75 |
| Масса, кг | 50 | 60 | 75 |
| Ход поршня, мм | 75 | 45 | 45 |
| Диаметр поршня, мм | 90 | 110 | 120 |
| Расход воздуха, м ³ /мин | 5,0 | 9,0 | 13,0 |
| Расход воды, л/мин | 3 | 4 | 4 |
| Диаметр буровой стали, мм | 32 | 32 | 32 |
| Допускаемый диаметр буровой коронки, мм | 45–65 | 49–65 | 65–85 |
| Энергия удара поршня, кДж·10 | 9 | 9 | 15 |
| Число ударов в минуту | 1670 | 2800 | 2000 |
| Глубина бурения, м | 12 | 25 | 30 |

Буровой инструмент для бурения состоит из коронок (рис.4) и сплошных или составных буров. Коронки выпускают семи типоразмеров – 28,32,36,40,43,46,52 мм. Для бурения мягких пород угол заострения лезвия должен составлять около 90° , для пород средней крепости $100\text{--}110^\circ$, для крепких пород – 120° . Наибольшее распространение получили коронки крестовой и долотчатой формы. Коронки долотчатой формы обеспечивают наибольшую скорость бурения в монолитных породах. Коронки крестовой формы со сплошным и прерывистым лезвием применяют для бурения шпуров и скважин в трещиноватых породах. В последние годы широкое применение получили коронки, армированные цилиндрическими штырями твердого сплава со сферической разрушающей поверхностью.

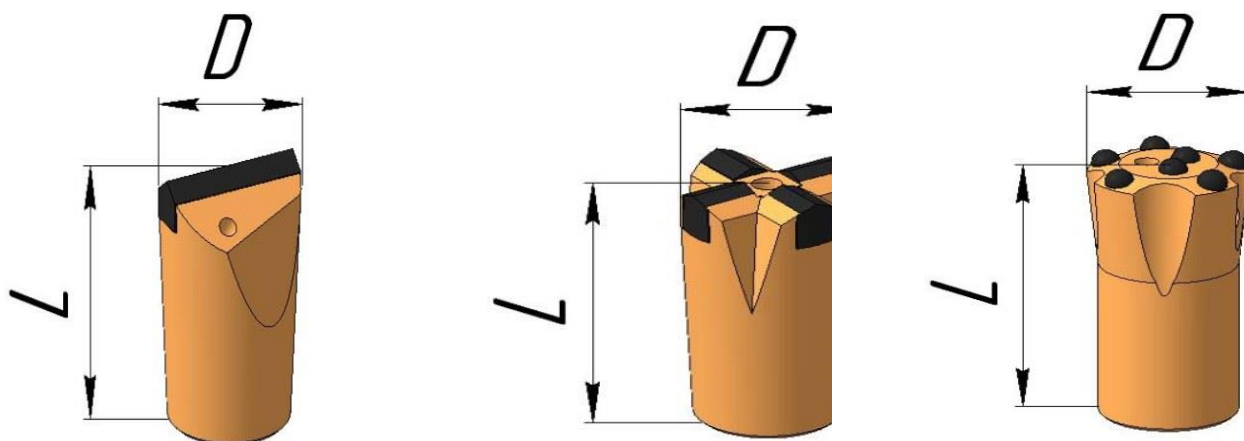


Рисунок 4 - Буровые коронки БКПМ, БКПМ КМ, КНШ

Бур представляет собой стержень из буровой стали, имеющий с одного конца коронку, а с другой – хвостовик для установки в бурильном молотке. Составные буры имеют штангу с хвостовиком и съемную коронку, армированную пластинками твердого сплава. Съемные коронки имеют резьбовое или конусное соединение со штангой.

Штанги (рис. 5) для бурения бурильными молотками изготавливают из стали шестигранного или круглого сечения с центральным промывочным каналом диаметром 6-8 мм.

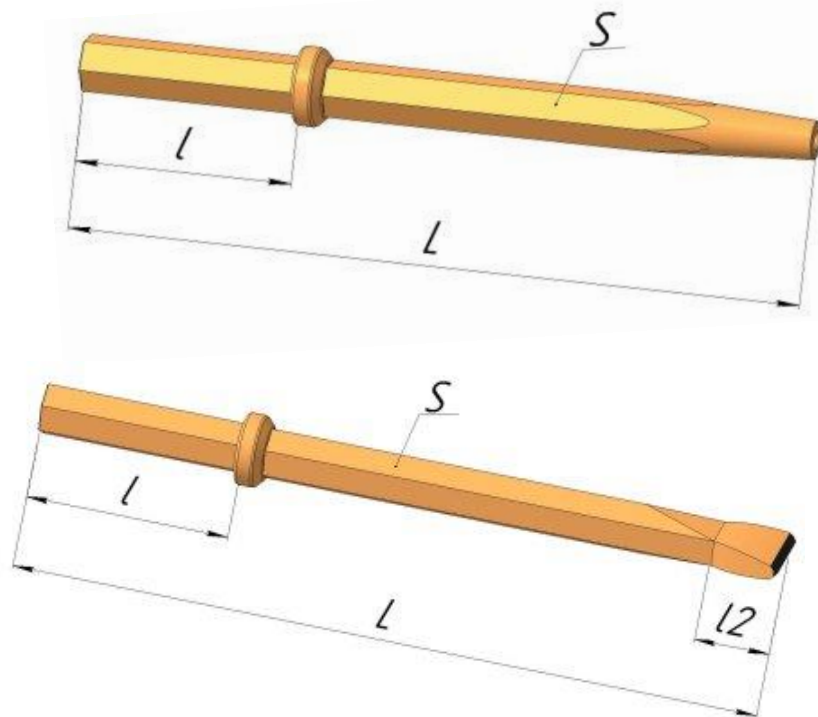


Рисунок 5 - Буровые штанги

Разрушения породы при ударном бурении заключается в следующем. При ударе поршня по хвостовику штанги энергия удара передается в виде волны, распространяющейся со скоростью до 5000 м/с и в виде кинетического движения всего бура. Скорость бура определяется коэффициентом восстановления при соударении с поршнем и соотношением масс бура и поршня. При внедрении лезвия в породу вокруг него образуется зона тонко измельченной породы. При достаточной энергии контур зоны разрушения в сечении имеет форму элемента окружности, к которой примыкает зона породы, разрушенной трещинами на столбики-сектора. У поверхности забоя трещины изгибаются и выходят на поверхность, образуя зону скола. При внедрении инструмента размеры зон измельченной породы увеличиваются не постепенно, а дискретно. У хрупких пород разрушение может происходить также под влиянием волны напряжений, которая, при плотном контакте лезвия с породой переходит в породу и производит разрушение. После разрушения бур поворачивают на такой угол, чтобы при следующем ударе произошли внедрение инструмента и скол породы между смежными ударами.

Скорость ударного бурения зависит от осевого усилия, давления сжатого воздуха, диаметра и глубины буримых шпуров. С увеличением осевого усилия скорость бурения достигает максимума благодаря лучшей передаче энергии от поршня через бур породе, а затем молоток начинает работать неустойчиво, так как крутящий момент на буре становится недостаточным для преодоления силы трения инструмента о забой. При ударном бурении следует работать при предельно допустимых осевых усилиях.

С увеличением давления воздуха увеличивается сила, действующая на поршень, увеличиваются его скорость, частота ударов и скорость бурения

что приводит к увеличению шума, вибрации и числа поломок. Поэтому рекомендуется применять при бурении давление сжатого воздуха 0,5-0,7 Мпа.

В зарубежных странах все шире применяют бурильные машины, работающие на повышенном до 1,5-2,0 Мпа давлении сжатого воздуха. В сочетании с высококачественным инструментом (штанги и штыревые колонки) это позволяет значительно увеличить скорость бурения.

2.6 Шнековое бурение скважин

Вращательное бурение вертикальных и наклонных скважин диаметром 110-160 мм в породах с $f \leq 6$ применяют на карьерах резцами с удалением продуктов разрушения штангами-шнеками.

Станки имеют гусеничный ход. Они обеспечивают бурение вертикальных и наклонных скважин, так как имеют большую массу вращателя, создающего большое осевое усилие на забой. Техническая характеристика станков шнекового бурения СБР-125 и СБР-160 приведена в табл. 11.

Таблица 11

Техническая характеристика станков шнекового бурения

| Показатели | Типы станков | | | |
|---------------------|--------------|-------|---------|---------|
| | БСН-1 | СВБ-2 | СБР-125 | СБР-160 |
| Диаметр скважин, мм | 120 | 150 | 125 | 160 |
| Глубина бурения, м | 30 | 25 | 24 | 24 |

2.7. Бурение скважин станками с погружными пневмоударниками

Этот способ бурения вертикальных и наклонных скважин широко применяют при подземной добыче руд, а также на карьерах небольшой и средней производственной мощности.

Станки для бурения скважин погружными пневмоударниками делят на легкие с диаметром скважин 85-125 мм, средние с диаметром скважин 160 мм, и тяжелые с диаметром скважин ≥ 200 мм. Известны станки для бурения погружными пневмоударниками скважин диаметром до 850 мм. Все станки самоходные на пневмоколесном (легкие) и гусеничном (тяжелые) ходу.

Станки СБУ-160 и СБУ-200 имеют собственную компрессорную установку, а питание сжатым воздухом станка СБУ-125 предусмотрено от передвижного компрессора. Для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда пневмоударники на станках работают на воздушно-водяной смеси или устанавливаются тканевые рукавные фильтры для очистки запыленного воздуха, вылетающего из скважины.

В качестве основного ударного инструмента станков применяют погружные пневмоударники. Техническая характеристика погружных пневмоударников приведена в табл. 11.

Поршень-ударник в пневмоударнике совершает возвратно - поступательные движения под действие давления сжатой воздушно-водяной смеси с частотой 1500 уд/мин и более и наносит удары по хвостовику долота.

В качестве породоразрушающего инструмента при пневмоударном бурении применяются долота трехперые с опережающим лезвием и крестовые, армированные стандартными пластинками твердого сплава.

Таблица 12

Техническая характеристика погружных пневмоударников
(давление 0,5 МПа)

| Показатели | М-1900УК | П-105 | МП-7 | П-125 | П-160 | П-200 |
|--|----------|-------|--------|-------------------|-------|-------|
| Диаметр скважин, мм | 105 | 105 | 125 | 125 | 160 | 200 |
| Энергия удара, ДЖ*9,8 | 7,5 | 9,8 | 12 | 15,5 | 32 | 42 |
| Частота ударов в минуту | 1750 | 1620 | 1500 | 1250 | 1275 | 1150 |
| Ударная мощность, кВт | 2,15 | 2,6 | 3,0 | 3,2 | 6,7 | 7,9 |
| Скорость движения поршня в момент удара, м/с | 9,3 | 7,9 | 7,5 | 7,4 | 7,9 | 6,6 |
| Масса ударника, кг | 1,7 | 3,1 | 4,2 | 5,6 | 10 | 19 |
| Расход воздуха, м ³ /мин | 5,7 | 5,7 | 7,5 | 7 | 12 | 16 |
| Диаметр корпуса, мм | 92 | 92 | 112 | 110 | 140 | 176 |
| Длина пневмоударника, м | 380 | 605 | 630 | 652 | 760 | 900 |
| Масса пневмоударника, кг | 11,7 | 20,0 | 36 | 31 | 58 | 110 |
| Тип долота | БК-105 | К-105 | БК-125 | К-125, К-125-1 | К-165 | К-205 |
| Масса долота, кг | 3,4 | 3,6 | 5,2 | 5,6 | 13 | 23 |

Все шире в СНГ и за рубежом применяют буровые долота, армированные цилиндрическими вставками твердого сплава со сферической поверхностью. В настоящее время в зарубежных странах применяют погружные пневмоударники с тяжелыми и длинными поршнями-ударниками с невысокой частотой ударов (до 1000 уд/мин) и высокой энергией единичного удара (15-25кДж/см диаметра долота) при высоком давлении сжатого воздуха 15-20 бар или жидкости 170-200 бар.

Механизм разрушения породы при бурении погружными пневмоударниками аналогичен закономерностям разрушения бурильными молотками, но имеет некоторые отличия в связи с особенностями их конструкции. Так как энергия удара на единицу длины лезвия долота пневмоударника в среднем в два раза ниже бурильного молотка, удельный объем разрушения также существенно ниже, из-за чего долота погружных пневмоударников изнашиваются быстрее. Давление сжатого воздуха оказывает особенно большое влияние на скорость бурения. С увеличением давления сжатого воздуха с 0,5 до 1,0 Мпа скорость бурения то же увеличивается в два раза.

С увеличением осевого усилия на долото улучшаются условия передачи энергии и эффективность разрушения породы. Большие осевые давления в то же время приводят к увеличению абразивного износа лезвий. Кроме того,

с увеличением осевого усилия возрастают силы трения долота с цилиндром пневмоударника. Поэтому изменение скорости бурения с увеличением осевого усилия для погружных пневмоударников со шпоночными соединениями долота имеет максимум при $P_{oc}=0,45-0,5$ кН.

В пневмоударниках со шлицевыми соединениями долота, а также с круглыми шпонками такого уменьшения скорости бурения при увеличении осевого усилия на долото не наблюдается. Рекомендуется с увеличением коэффициента крепости пород с 4 до 16 увеличивать осевое усилие с 1,0 до 4,0 кН, частоту вращения снижать со 120 до 45 об/мин, а давление воздуха увеличивать с 0,4 до 0,7 Мпа .

2.8 Шарошечное бурение скважин

Шарошечное бурение скважин — вращательный способ бурения скважин буровыми станками СБШ (рис. 6). В качестве породоразрушающего инструмента используются шарошечные долота (рис.7).

Породы при шарошечном бурении разрушаются стальными или твердосплавными зубками шарошек, вращающимися на опорах бурового долота. Буровое долото при вращении прижимается с большим осевым усилием к забою. Зубки вращающихся шарошек перекатываются по забою и за счёт больших напряжений, развивающихся в зоне контакта зубков с породой, разрушают её путём раздавливания и скола. С увеличением крепости пород частота вращения уменьшается, а осевое усилие увеличивается. Разрушенная на забое скважины порода удаляется на поверхность потоком воды, продувкой сжатым воздухом или сочетанием этих способов. Шарошечное бурение применяется для проведения геологоразведочных, нефтяных и газовых скважин при поиске, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, взрывных скважин при подземной и открытой разработке месторождений, восстающих выработок и шахтных стволов. Перспективы шарошечного бурения связаны с повышением стойкости долот, увеличением скорости разрушения пород за счёт наложения на долото ударных импульсов или вибрации различных частоты.

Станки шарошечного способа бурения получили широкое распространение на карьерах для бурения взрывных скважин в сухих и обводненных, монолитных и трещиноватых породах практически всех категорий крепости. Скважины бурят диаметром 160-311 мм и глубиной до 58 м. Основные достоинства станков СБШ – высокая производительность (150-200 м/смену), непрерывность процесса бурения, возможность его автоматизации, комфортные условия труда (табл. 12). Управление станком – из кабины, размещенной в передней части станка.



Рисунок 6 - Буровой станок СБШ-250 МНА-32



Рисунок 7 - Шарошечные долота

Таблица 13

Технические характеристики буровых станков СБШ

| Тип станка | СБШ-250МНА-32 | СБШ-250МНА-32Д | СБШ-250МНА-32КП | СБШ-250МНА-32КП-18 | СБШ-160/200-40 | СБШ-160/200-40Д |
|---|------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Коэффициент крепости пород, f | 6-20 | 6-20 | 6-20 | 6-20 | 6-18 | 6-18 |
| Диаметр скважины условный, мм | 160, 170, 190, 215, 250, 270 | 170...311 | 250, 270, 300 | 250, 270, 300 | 160, 171, 215 | 160, 171, 215 |
| Максимальная глубина бурения, м | 32/47/55 | 32 | 32/28/58 | 34 | 40;43 | 40;43 |
| Угол наклона скважины к вертикали, град | 0; 15; 30 | 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30 | 0; 5; 20; 25; 30 | 0; 15; 30 | 0; 15; 30 | 0; 15; 30 |
| Привод станка | Электрический | Дизель Cummins QSK19 | Электрический | Электрический | Электрический | Дизель Cummins QSK19 |
| Суммарная мощность, кВт | 460-500 | 485 (560) | 650 | 650 | 320 | 485 |
| Мах усилие подачи, кН | 294 | 340 | 350 | 350 | 235 | 235 |
| Привод вращателя | Электрический | Гидромотор | Электрический | Электрический | 2 гидромотора | 2 гидромотора |
| Мощность двигателя вращателя, кВт | (60; 90; 120 пост.ток), | 2 гидромотора | 120 пост.ток 1 | 20 перем.ток. с част.рег. | 2 гидромотора | 2 гидромотора |
| Ход станка | Гусеничный многоопорный | Гусеничный многоопорный | Гусеничный многоопорный | Гусеничный многоопорный | Гусеничный тракторный | Гусеничный тракторный |

Продолжение таблицы 13

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Привод гусен. хода | Электриче- ский | 2 гидро- мотора | Электриче- ский | Электриче- ский | 2 гидромо- тора | 2 гидро- мотора |
| Мощность двигателей привода хода, кВт | (2x22, 2x30 перем. то- ка), (2x35, 2x50 пост.ток.), (2x45 пе- рем.ток с част.руг.) | 2 гидро- мотора | 2x50 пост.ток рег.скорост ь | 2x50 пост.ток рег.скорост ь | 2 гидромо- тора | 2 гидро- мотора |
| Габаритные размеры (при поднятой мачте), м | | | | | | |
| Ширина, м | 5,7 | 5,7 | 6,5 | 6,5 | 6,0 ± 0,2 | 6,0 ± 0,2 |
| длина , м | 10,5 | 10,8 | 11,4 | 11,4 | 11,5 ± 0,3 | 11,5 ± 0,3 |
| высота , м | 16,2 | 18,4 | 16,9/18,6/21 | 26,5 | 13,3 ±0,3 | 13,3 ±0,3 |
| Масса станка, кг | 80000- 90000 | 90000 | 100000 | 110000 | 50000 | 50000 |

Шарошечные долота подразделяются:

- по количеству шарошек (одно-, двух-, трех- и четырехшарошечные);
- по типу вооружения шарошек (фрезерованные и твердосплавные) ;
- по типу опоры (открытые, закрытые (маслонаполненные);
- по типу промывки/продувки(боковой, центральной, комбинированной).

Кроме того, буровые шарошечные долота дифференцируются на:

- высокооборотные (до 600 об/мин.),
- среднеоборотные (до 300 об/мин.),
- низкооборотные (от 30 до 150 об/мин.)

В настоящее время выпускаются долота диаметрами от 59мм до 660 мм., для двух основных направлений: долота для нефтегазовой отрасли и долота для горной отрасли.

Классификация шарошечных долот по коду IADC (International Association of Drilling Contractors) - Международной ассоциации буровых подрядчиков — основана на четырехсимвольном коде, отражающем конструкцию долота и тип горных пород, для бурения которых оно предназначено (рис.8)

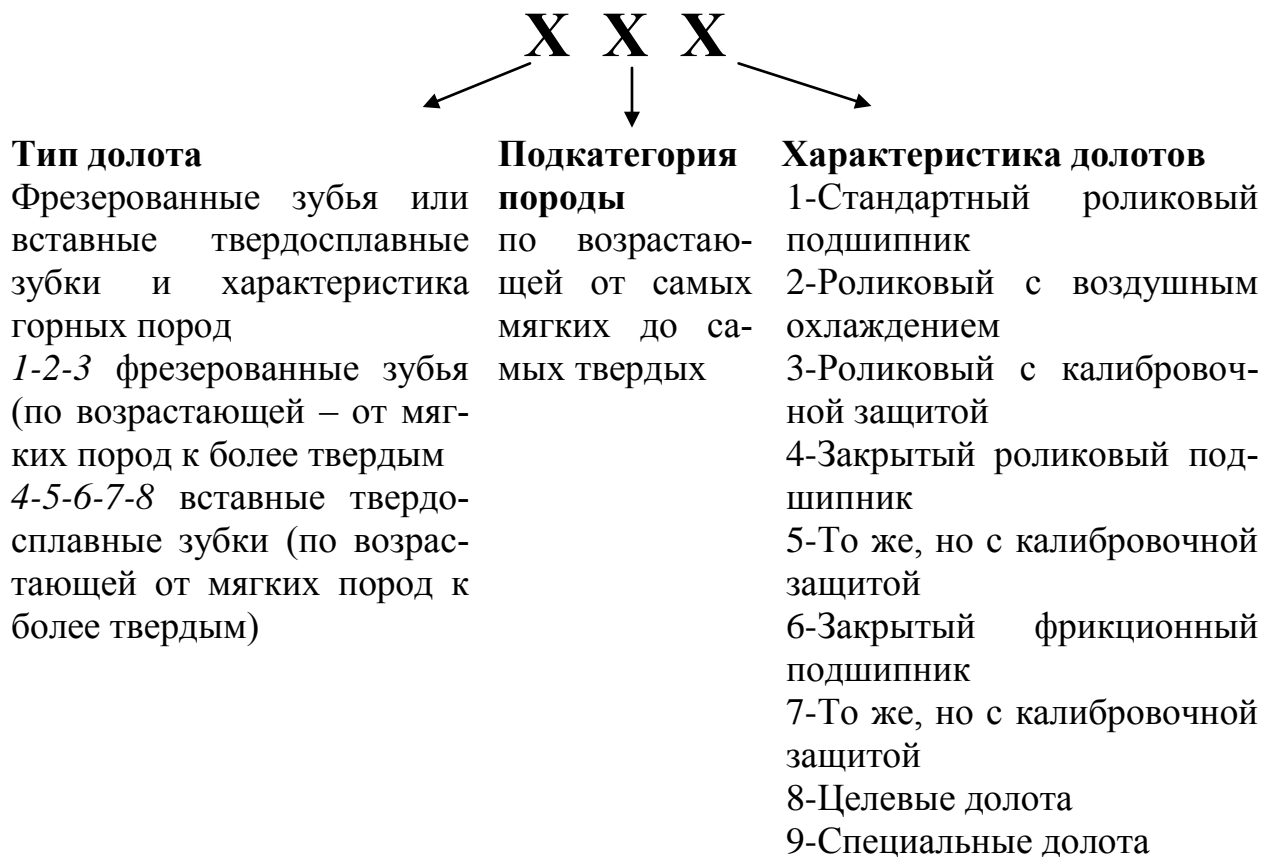


Рисунок 8 - Классификация шарошечных долот по коду IADC

Первые три символа — цифровые, а четвертый — буквенный. Последовательность цифровых символов определяется как «серия — тип — опора / калибрующая поверхность». Четвертый буквенный символ определяется как «дополнительные характеристики».

Серия вооружения долота (первая цифра кода).

Восемь категорий серий вооружения соответствуют общей характеристике горных пород, для бурения которых предназначено долото.

Серии от 1 до 3 определяют долота с фрезерованным вооружением, а серии от 4 до 8 — долота с твердосплавным вооружением.

Внутри групп фрезерованных и штыревых долот увеличение цифры серии означает увеличение твердости пород, для которых предназначено долото.

Тип вооружения долота (вторая цифра кода)

Каждая серия разделена на 4 типа в зависимости от твердости разбуриваемых пород.

Тип 1 означает долота для бурения наиболее мягких пород в пределах серии, а тип 4 — относится к наиболее твердым породам в пределах серии.

Характеристика конструкции опоры (третья цифра кода)

1 открытая (негерметизированная) опора

2 открытая опора для бурения с продувкой воздухом

3 открытая опора и твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек

4 герметизированная опора на подшипниках качения

- 5 герметизированная опора на подшипниках качения и твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек
- 6 герметизированная опора на подшипниках скольжения
- 7 герметизированная опора на подшипниках скольжения и твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек
- 8 и 9 резервные, для возможного применения в будущем

Дополнительные характеристики (четвертый буквенный символ необязательно)

Используется 16 букв для обозначения специальных конструкций вооружения, опор, промывочных устройств защиты корпусов долот.

B - герметизированная опора, специальная конструкция уплотнений, допускающая, например, бурение с повышенной частотой вращения

C - центральная насадка

D - специальная конструкция вооружения, минимизирующая отклонение оси ствола скважины

E - удлиненные насадки

G - усиленная защита козырьков лап наплавкой или твердосплавными зубками

H - долота для направленного или горизонтального бурения

J - гидромониторные долота для бурения с набором кривизны

L - калибрующие накладки на спинках лап, армированные твердосплавными зубками

M - долота для бурения с забойными двигателями

S - стандартные долота с фрезерованным вооружением

T - двухшарошечные долота

W - усовершенствованное вооружение

X - зубки преимущественно клиновидной формы

Y - зубки конической формы

Z - другие формы зубков

2.9 Термический (огневой) способ бурения скважин

При огневом способе бурения порода разрушается в результате интенсивного воздействия на нее высокотемпературной газовой струи, вылетающей из сопла со сверхзвуковой скоростью. При мгновенном нагреве породы образуется поле термических напряжений, вызывающих разрушение поверхностного слоя глубиной 3...5 мм на отдельные мелкие частички.

Технологические операции огневого способа бурения:

-зажигание горелки;

- бурение;

-расширение скважины в нижней части;

- очистка скважины.

Огневое бурение эффективно в окисленных и неокисленных железных рудах, т.к. в этих породах и рудах разрушение происходит путем шелушения

с образованием мелкой крошки, т.е. без плавления. Наиболее эффективно применение огневого бурения с шарошечным способом бурения:

- скважину бурят шарошечным станком;
- нижнюю часть расширяют огневым способом.

Для термического бурения при оценке термобуримости используется показатель термобуримости $P_{тб}$ и температура разрушения T_p . Все породы разделены на три класса по термобуримости:

- I класс - хорошо термобуримые: $P_{тб} = 0.1...0.2$; $T_p = 250-400$ °С (породы, имеющие кристаллическую структуру, массивную текстуру - граниты, безрудные кварциты);

- II класс - термобуримые, $P_{тб}=0.06...0.095$; $T_p=400-450$ °С (железистые кварциты, песчаник);

- III класс - труднотермобуримые, $P_{тб}<0.05$, $T_p=500-600$ °С (магнетитовые руды, руды цветных металлов, мрамор).

С увеличением трещиноватости массива эффективность огневого бурения резко снижается даже при хорошо термобуримых породах, что объясняется возможностью свободного теплового расширения отдельных структурных блоков породы.

3. ТЕОРИЯ ВЗРЫВА И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1 Понятие о взрыве и ВВ. Промышленные ВВ (индивидуальные и смесевые)

Взрыв – это чрезвычайно быстрое изменение химического или физического состояния взрывчатого вещества, сопровождающееся выделением большого количества тепла и образованием значительного количества газообразных продуктов взрыва.

Взрывчатые вещества - химические соединения или смеси, способные под действием внешнего импульса к быстрому самораспространяющемуся экзотермическому процессу.

По физическому состоянию ВВ делят на:

а) твердые однокомпонентные соединения или смеси твердых веществ (тротил, гексоген, пикриновая кислота; смесь тротила с аммиачной селитрой);

б) смеси твердых и жидких веществ (аммиачная селитра и дизельное топливо, аммиачная селитра и минеральное масло);

в) смеси газов (метан в воздухе);

г) смеси твердых веществ и газов (угольная пыль в воздухе);

д) смеси жидких веществ (смеси нитроэфиров, четырехокись азота и керосин).

Практическое применение в качестве промышленных ВВ получили взрывчатые вещества групп а, б, д.

В состав промышленных ВВ может входить несколько компонентов (взрывчатые и невзрывчатые), которые придают каждому ВВ определенные свойства:

окислители - соединения, содержащие в своем составе избыточный кислород, расходуемый на окисление углерода и водорода, которые входят в состав всех компонентов. Окислителями являются аммиачная, калиевая и др. виды селитры;

горючие добавки - вещества, содержащие в большом количестве углерод и водород (уголь, древесная мука, жидкие углеводороды), а также алюминий и некоторые др. металлы;

сенсibilизаторы - наиболее мощные ВВ, вводимые в смеси для повышения чувствительности и передаче детонации (гексоген, нитроглицерин);

стабилизаторы - высокомолекулярные вещества, торфяная и жмыховая мука. Вводятся в состав ВВ для предотвращения расслоения водонаполненных и слеживания порошкообразных ВВ;

флегматизаторы - легкоплавкие углеводороды, которыми обволакиваются частицы ВВ, что приводит к снижению чувствительности к тепловому и инициирующему импульсам (парафин, воск, вазелин);

пламегасители - для взрывчатых веществ, используемых в подземных выработках, в которых возможно выделение метана и (или) взрывчатой пыли (снижают температуру взрыва). В качестве пламегасителей наибольшее распространение получили NaCl , KCl , CaCl .

По составу промышленные взрывчатые вещества (ПВВ) делят на:

- Индивидуальные химические соединения;
- Взрывчатые смеси-композиты, состоящие из двух и более не связанных между собой химически веществ.

По физическому состоянию ПВВ:

- твердые (гранулированные, литые, прессованные);
- гелеобразные;
- суспензионные;
- эмульсионные;
- пластичные;
- эластичные.

По взрывчатым свойствам:

- инициирующие (первичные);
- метательные взрывчатые вещества (пороха и ракетные топлива) ;
- бризантные;
- пиротехнические составы.

Иницирующие взрывчатые вещества предназначаются для возбуждения взрывчатых превращений в зарядах других взрывчатых веществ. Они отличаются повышенной чувствительностью и легко взрываются от простых начальных импульсов (удара, трения, накола, электрической искры и т. д.).

Вещества с высокой бризантностью, которой соответствует большая скорость распространения взрывной волны в веществе. Бризантные взрывчатые вещества менее чувствительны к внешним воздействиям, и возбуждение взрывных превращений в них осуществляется главным образом с помощью инициирующих взрывчатых веществ.

Метательные ВВ служат источником энергии для метания тел (снарядов, мин, пуль и т. д.) или движения ракет. Их отличительная особенность — способность к взрывчатому превращению в форме быстрого сгорания, но без детонации.

Пиротехнические составы применяются для получения пиротехнических эффектов (светового, дымового, зажигательного, звукового и т. д.). Основной вид взрывчатых превращений пиротехнических составов - горение.

3.2 Кислородный баланс взрывчатых веществ.

Управление кислородным балансом

При производстве взрывных работ образуется значительное количество газообразных продуктов. Взрыв, как правило, основан на окислении кислородом горючих веществ (углерода, водорода, металлов). Рецептуру промышленных ВВ составляют с таким расчетом, чтобы в результате взрыва образовались продукты, представляющие наименьшую опасность для рабочих. Это определяется кислородным балансом.

Кислородный баланс это избыток или недостаток кислорода к количеству, необходимому для окисления горючих элементов до высших оксидов. Практически любое взрывчатое вещество состоит из четырех элементов, химическую формулу которого можно представить в виде $C_aH_bN_cO_d$. Тогда кислородный баланс можно вычислить по формуле (в процентах)

$$K_B = \frac{[d-(2a+0,5b)] \cdot 16}{M_{ВВ}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

где $M_{ВВ}$ - молекулярная масса ВВ,

16 - атомарная масса молекулы кислорода.

В зависимости от избытка или недостатка фактически содержащегося кислорода в ВВ различают нулевой, положительный и отрицательный кислородный баланс. Нулевым называют такой кислородный баланс, при котором кислорода в составе ВВ достаточно для полного окисления всех горючих элементов, входящих в состав ВВ. Если в составе ВВ имеется избыток кислорода, то кислородный баланс считается положительным, а если его недостаточно - отрицательным.

Следует отметить, что, добавляя к ВВ с положительным кислородным балансом горючие добавки (например, к аммиачной селитре древесную муку), можно получить взрывчатую смесь большей работоспособности.

При взрыве ВВ с нулевым кислородным балансом теоретически должно происходить полное окисление горючих элементов с максимальным выделением энергии. При взрыве такого ВВ образуется минимальное количество ядовитых газов. Таким образом, ВВ с нулевым кислородным балансом является наиболее эффективным. При большом недостатке кислорода, наряду с продуктами неполного окисления (CO , H_2 и др.), часть углерода выделя-

ется в свободном виде, резко снижая образование газов, а при большом избытке кислорода образуются оксиды азота (NO, NO₂, N₂O₃).

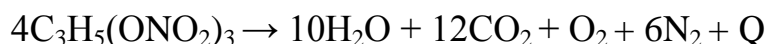
Кислородный баланс некоторых промышленных ВВ:

| | | | |
|-----------------|---------|---------------|--------|
| Гранулотол | - 74% | Гранулит АС-4 | + 0,4% |
| Граммонит 30/70 | - 45,9% | Гранулит АС-8 | + 0,3% |
| Граммонит 50/50 | - 27,5% | Гранулит М | + 0,1% |
| Граммонит 79/21 | ≈0 | Игданит | + 1,4% |

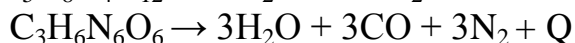
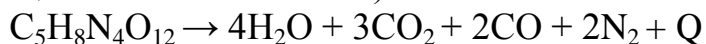
Важное значение для расчета объема газов взрыва, теплоты взрыва, полной идеальной работы взрыва (расчетные характеристики ВВ) имеет состав продуктов взрыва, которые выделяются в результате химических реакций взрывчатого превращения ВВ.

Все ВВ условно делятся на 3 группы:

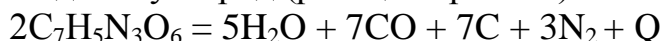
1. ВВ с кислородом, достаточным для окисления горючих элементов до высших оксидов ($K_6 \geq 0$). При составлении реакции сначала окисляется водород, затем углерод, азот выделяется в виде молекулярного газа (реакция нитроглицерина).



2. ВВ с кислородом, достаточным для полного газообразования. При составлении реакции сначала окисляется водород в воду, углерод окисляется в окись углерода. Оставшийся кислород с частью окиси углерода образует углекислый газ (реакции ТЭНа и гексогена).



3. ВВ с количеством кислорода, недостаточным для образования газообразных продуктов. Для составления реакций этого типа сначала окисляют водород в воду. Оставшимся кислородом окисляется углерод до окиси углерода и выделяется свободный углерод (реакция тротила).



Данные реакции возможны только при идеальных условиях и дают приближенную характеристику ВВ. В реальных условиях состав продуктов более разнообразен и зависит от конкретных условий применения ВВ.

3.3 Ядовитые газы взрыва

Взрывные работы на карьерах сопровождаются выделением большого количества газообразных продуктов, часть которых ядовиты. В составе продуктов взрыва можно выделить: окись углерода CO, оксиды азота NO, NO₂, N₂O₄; сернистый ангидрид SO₂; сероводород H₂S; а также соединения свинца и пары ртути, образующиеся при огневом и электрическом способах взрывания.

Окись углерода CO - бесцветный газ, практически без запаха. Хорошо растворяется в воде, плотность равна плотности воздуха. В небольших коли-

чества вызывает сильные головные боли, головокружение, тошноту. При больших концентрациях наступает отравление с потерей сознания, судорогами. При отравлении пострадавшего необходимо сразу же вынести на свежий воздух и по возможности дать кислород. Предельно допустимая концентрация при длительном пребывании людей не должна превышать 0,02 мг/л (0,0016 % объема воздуха).

Окислы азота - более опасны, чем окись углерода. Имеют резкий запах, желто-бурый цвет. При взрывах обычно образуется окись азота NO, которая в воздухе переходит в NO₂ или N₂O₄. Так как в воздухе присутствуют пары воды, то соединяясь с ней оксиды азота образуют азотную или азотистую кислоты, которые при вдыхании воздуха осаждаются на слизистых оболочках и в легких, вызывая отек. Предельно допустимая концентрация окислов азота 0,005 мг/л (0,0001 %).

Сернистый ангидрид - газ с кислым вкусом и сильным раздражающим запахом, бесцветный. В воздухе с парами воды образуется сернистая кислота. Предельно допустимая концентрация 0,0007 % объема.

Сероводород - бесцветный газ с запахом тухлых яиц. В смеси с воздухом взрывоопасен. Предельно допустимая концентрация 0,00066 %.

Пары ртути - не имеют запаха, цвета, вкуса. Поражают центральную нервную систему и почки. Предельно допустимая концентрация в атмосфере 0,00001 мг/л.

Для расчета общего количества выделяющихся ядовитых газов пользуются формулой, в которой объем газов пересчитывается на объем CO:

$$V = V_{CO} + 6,5(V_{NO} + V_{NO_2} + V_{N_2O_4}) \quad (3.2)$$

3.4 Основные свойства взрывчатых веществ

Для промышленных ВВ определяют следующие характеристики:

1. Взрывчатые:

- теплота взрыва;
- температура продуктов взрыва;
- объем газообразных продуктов;
- скорость детонации;
- бризантность;
- работоспособность (фугасность).

2. Физико-химические:

- чувствительность к механическим и тепловым воздействиям;
- химическая и физическая стойкость;
- плотность (вес в единице объема).

Объем и давление газообразных продуктов взрыва

Объем газообразных продуктов взрыва можно рассчитывать аналитически или определить экспериментально (бомба Долгова). Аналитическое определение объема продуктов взрыва производится в соответствии с составленной химической реакцией взрывчатого превращения на основе закона Авогадро, в соответствии с которым объем, занимаемый грамм-молекулой газа при температуре 0°С и давлении $9,8 \cdot 10^4$ Па равен 22,4 л.

Объем газообразных продуктов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{22,42(n_1+n_2+n_3+\dots+n_n)}{m_1M_1+m_2M_2+m_3M_3+\dots+m_nM_n} \cdot 1000 \quad (3.3)$$

где $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ - количество грамм-молекул газообразных продуктов взрыва;

$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ - молекулярная масса составных частей смесового ВВ;

$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ - количество грамм-молекул составных частей смесового ВВ.

Давление газов взрыва

Для опытного определения объема продуктов взрыва производят взрывание некоторого количества ВВ (обычно 100 г) в калориметрической бомбе. Объем охлажденных до комнатной температуры газообразных продуктов измеряется с помощью газомера. Давление газа при взрыве 1 кг ВВ может быть определено исходя из объединенных законов Бойля— Мариотта и Гей-Люссака:

$$P = \frac{P_0 V_0 T}{273V} \quad (3.4)$$

где P_0 - давление газов при температуре 0°С и давлении 0,1 МПа;

V_0 - объем газов взрыва 1 кг ВВ при 0°С и давлении 0,1 МПа, м³;

T - температура взрыва, К;

V - объем зарядной камеры, м³.

Эта общая формула действительна лишь для идеальных газов. При фактических плотностях зарядания ВВ (500-1000 кг/м³) заметную роль начинает играть собственный объем молекул (коволум) продуктов взрыва, который для практических расчетов принимается равным (при взрыве 1 кг ВВ) $\alpha=0,001 \cdot V_0$. Кроме того, заменив в формуле объем V на плотность ВВ, окончательно получим:

$$P = \frac{P_0 \cdot V_0 \cdot T}{273 \cdot (1/\Delta - \alpha)} = \frac{P_0 \cdot V_0 \cdot T \cdot \Delta}{273 \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta)}, \quad (3.5)$$

Теплота и температура взрыва

Теплота (удельная энергия) взрыва - количество тепла, которое выделяется при взрыве 1 кг ВВ - выражается кДж/кг. Теплота взрыва - одна из наиболее важных характеристик ВВ. Если теплоту взрыва умножить на плотность ВВ в заряде, то получим объемную концентрацию энергии (кДж/м³).

Теплота взрыва рассчитывается на основе закона Гесса, в соответствии с которым тепловой эффект химического превращения системы зависит только от начального и конечного состояний и не зависит от промежуточных. Теплоту взрыва можно рассчитывать при постоянном объеме или при постоянном давлении.

$$Q_3 = Q_1 + Q_2, \quad (3.6)$$

где Q_1 - теплота образования компонентов смесового ВВ, кДж/кг;

Q_2 - теплота взрыва, кДж/кг;

Q_3 - теплота образования продуктов взрыва, кДж/кг.

Таким образом, теплота взрыва определяется из уравнения:

$$Q_2 = Q_3 - Q_1, \quad (3.7)$$

Теплота образования компонентов, входящих в состав ВВ и продуктов взрыва определяется по справочной литературе (справочники по термодинамике).

Экспериментальное определение теплоты взрыва производится в калориметрических установках с бомбами емкостью 5-50 л, в которых взрывают навески ВВ массой до 100 г.

Температура взрыва - максимальная температура, до которой нагреваются продукты взрыва. Температуру взрыва обычно определяют расчетным путем на основе рассчитанной теплоты взрыва и теплоемкости всех продуктов взрыва по формуле:

$$t = \frac{Q_2}{C_v}, \quad (3.8)$$

где Q_2 - теплота взрыва, Дж/моль;

C_v - средняя теплоемкость всех продуктов взрыва при постоянном объеме в интервале температур от 0 до T °С, Дж/(моль·°С).

Значение теплоемкости в зависимости от температуры определяется из выражения:

$$C_v = a + b \cdot t, \quad (3.9)$$

где a и b - температурные коэффициенты.

Решив совместно уравнения (1.6) и (1.7) получим:

$$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4Q \cdot b}}{2b}, \quad (3.10)$$

При определении теплоемкости смеси газов необходимо учесть долевое участие каждого из них. Расчетная формула принимает вид:

$$t = \frac{-\sum a + \sqrt{(\sum a)^2 + 4(\sum b) \cdot Q \cdot 1000}}{2 \sum b}, \quad (3.11)$$

3.5 Виды взрывчатого превращения ВВ

Физический – выделяющаяся энергия является внутренней энергией сжатого или сжиженного газа. Сила взрыва зависит от внутреннего давления газа. Возникающие разрушения могут вызываться ударной волной от расширяющегося газа или осколками разорвавшегося резервуара (разрушение резервуаров со сжатым газом, паровых котлов, а также мощные электрические разряды)

Химический – взрыв, вызванный быстрой экзотермической химической реакцией, протекающей с образованием сильно сжатых газообразных или парообразных продуктов. Примером может служить взрыв тротила, при котором происходит быстрая химическая реакция между углеродом, водородом и кислородом, сопровождающаяся выделением значительного количества теплоты. Образовавшиеся газообразные продукты, нагретые за счет теплоты реакции до высокой температуры, обладают высоким давлением и, расширяясь, производят механическую работу.

Атомный взрыв - быстропротекающие ядерные или термоядерные реакции (реакции деления или соединения атомных ядер), при которых освобождается очень большое количество теплоты. Продукты реакции, оболочка атомной или водородной бомбы и некоторое количество окружающей бомбу среды мгновенно превращается в нагретые до очень высокой температуры газы, обладающие соответственно высоким давлением.

3.6 Основные положения теории детонации.

Передача детонации на расстояние. Определение скорости детонации

Детонация - процесс химического превращения взрывчатого вещества, сопровождающийся освобождением энергии и распространяющийся по веществу в виде волны от одного слоя к другому со сверхзвуковой скоростью. Химическая реакция вводится интенсивной ударной волной, образующей передний фронт детонационной волны. Благодаря резкому повышению температуры и давления за фронтом ударной волны химическое превращение протекает чрезвычайно быстро в очень тонком слое, непосредственно прилегающем к фронту волны.

Энергия, освобождающаяся в зоне химической реакции, непрерывно поддерживает высокое давление в ударной волне. Детонация представляет собой самоподдерживающийся процесс.

Возбуждение детонации является обычным способом осуществления взрывов. Детонация в заряде взрывчатого вещества создаётся интенсивным механическим или тепловым воздействием (удар, накол и т.д.). Сила воздействия, необходимая для возбуждения детонации, зависит от химической природы взрывчатого вещества. К механическому воздействию чувствительны, например, так называемые инициирующие взрывчатые вещества (гремучая ртуть, азид свинца и др.), которые обычно входят в состав капсулей-детонаторов, используемых для возбуждения детонации вторичных (менее чувствительных) взрывчатых веществ.

В однородном взрывчатом веществе детонация обычно распространяется с постоянной скоростью, которая среди возможных для данного вещества скоростей распространения детонационной волны является минимальной. В детонационной волне, распространяющейся с минимальной скоростью, зона химической реакции перемещается относительно продуктов реакции со скоростью звука (но со сверхзвуковой скоростью относительно исходного вещества). Благодаря этому волны разрежения, возникающие при расширении газообразных продуктов химической реакции, не могут проникнуть в зону реакции и ослабить бегущую впереди ударную волну. Детонация, отвечающая указанным выше условиям, называется процессом Чепмена — Жуге. Соответствующая ей минимальная скорость распространения принимается в качестве характеристики взрывчатого вещества. Давление, которое создаётся при распространении детонационной волны в газообразных взрывчатых смесях, составляет десятки атмосфер, а в жидких и твёрдых взрывчатых веществах измеряется сотнями тысяч атмосфер.

При определённых условиях во взрывчатом веществе может быть возбуждена детонация, скорость распространения которой превышает минимальную скорость детонации. Так, взрыв заряда твёрдого взрывчатого вещества, помещённого в газообразную взрывчатую смесь, порождает в смеси ударную волну, интенсивность которой во много раз превосходит интенсивность волны, отвечающей режиму с минимальной скоростью. В результате в газовой смеси распространяется детонационная волна с повышенной скоростью. В этой волне, в отличие от процесса Чепмена — Жуге, зона химической реакции движется относительно продуктов реакции с дозвуковой скоростью. Поэтому по мере удаления такой волны от места её возникновения ударная волна постепенно ослабевает (сказывается влияние волн разрежения) и скорость распространения детонации снижается до минимального значения.

Детонационную волну с повышенной скоростью распространения можно также получить в неоднородном взрывчатом веществе при движении волны в направлении убывающей плотности. Ещё одним примером распространения детонации со скоростью, превышающей минимальное значение, может служить сферическая детонационная волна, сходящаяся к центру.

Скорость волны с приближением к центру возрастает. В центре такая волна в течение короткого интервала времени создаёт давление, во много раз превышающее величину, характерную для режима Чепмена — Жуге.

Устойчивый процесс детонации не всегда возможен. Например, волна детонации не может распространяться в цилиндрическом заряде взрывчатого вещества слишком малого диаметра (разлёт вещества через боковую поверхность вызывает прекращение химической реакции прежде, чем вещество успеет заметно прореагировать). Минимальный диаметр заряда, в котором возможен незатухающий процесс детонации, пропорционален ширине зоны химической реакции. В газообразных взрывчатых смесях распространение детонации возможно лишь при условиях, когда концентрация горючего газа (или паров горючей жидкости) находится в определённых пределах. Эти пределы зависят от химической природы взрывчатой смеси, давления и температуры.

Исследование волны детонации в газах показывает, что при понижении начального давления химическая реакция приобретает характер пульсаций. Неравномерное протекание реакции вызывает искажения движущейся впереди ударной волны. При достаточно низком давлении осуществляется режим так называемой спиновой детонации, при котором на фронте детонационной волны возникает излом, вращающийся по винтовой линии. Дальнейшее снижение давления приводит к затуханию детонации.

Кроме детонации, во взрывчатом веществе возможен другой тип волны химической реакции - горение. Волны горения всегда распространяются с дозвуковой скоростью (обычно значительно меньшей, чем скорость звука в исходном веществе). Движение волны горения обусловлено сравнительно медленными процессами теплопроводности и диффузии. При некоторых условиях горение может перейти в детонацию.

Во многих случаях, например при горении топливной смеси в двигателях внутреннего сгорания или реактивного двигателя, при горении пороха в стволе артиллерийского орудия и др. детонация недопустима. В связи с этим подбираются такие условия горения и химический состав используемых веществ, чтобы возникновение детонация с характерным для неё чрезвычайно резким повышением давления было исключено.

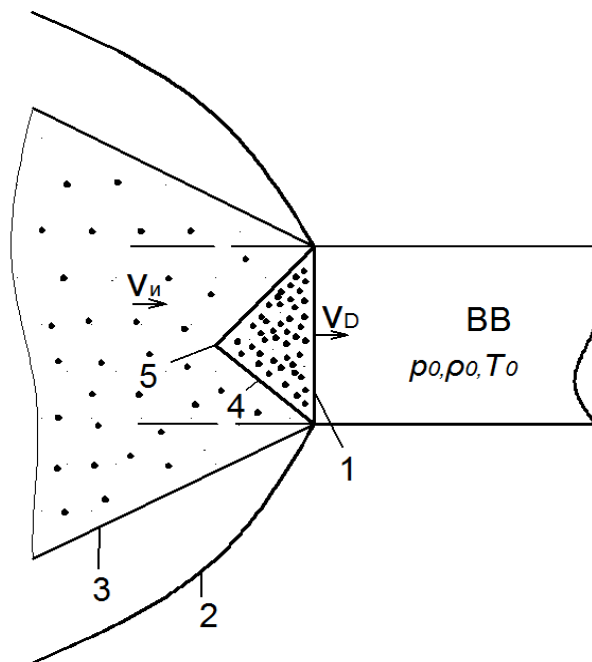


Рисунок 9 - Схема детонационной волны

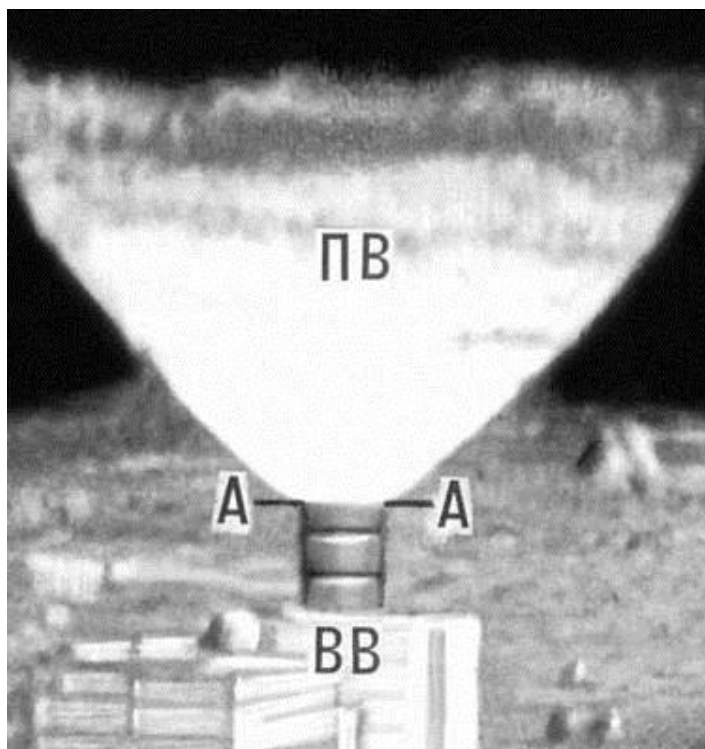


Рисунок 10 - Мгновенная фотография распространяющейся по заряду ВВ (сверху вниз) детонационной волны.
 АА - фронт детонации; ВВ - взрывчатое вещество;
 ПВ - расширяющиеся газообразные продукты взрыва.

3.7 Факторы, влияющие на детонацию зарядов промышленных ВВ

Скорость детонации промышленных ВВ существенно зависит от физических характеристик ВВ (тип, дисперсность, плотность) и внешних условий (диаметр заряда, наличие оболочки). В промышленных условиях это сводит-

ся к оценке устойчивости и скорости детонации по отношению к максимально возможным для данного ВВ.

Для каждого ВВ определяется два характерных диаметра: предельный (скорость детонации максимальна) и критический (в зарядах возможно прекращение детонации). Фактические значения диаметров зависят от теплоты взрыва: чем выше Q_v , тем меньше критический и предельный диаметры, а, значит, ВВ устойчиво детонирует в зарядах меньшего диаметра (рис. 11).

Существенное влияние на скорость и устойчивость детонации промышленных ВВ оказывает наличие оболочки, что затрудняет боковой разлет продуктов взрыва. При наличии оболочки большая часть энергии воздействует на близлежащий слой ВВ. В данном случае также снижаются предельный и критический диаметры, что ведет к снижению объема буровых работ и повышению качества дробления горной породы (рис. 12).

Критический диаметр некоторых ВВ (без оболочки), мм:

| | | | |
|------------------|-------|-----------------|---------|
| Гексоген | 1-1,5 | Граммонит 79/21 | 40-60 |
| Тротил (порошок) | 8-10 | Игданит | 100-120 |
| Аммонит № 6 ЖВ | 10-12 | | |

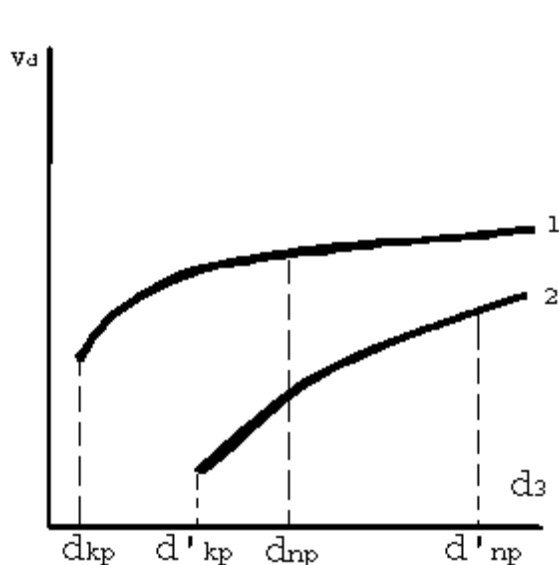


Рисунок 11 - Зависимость скорости детонации (v_d) ВВ от диаметра заряда ($d_з$) 1 и 2 - для ВВ с большей и меньшей теплотой взрыва

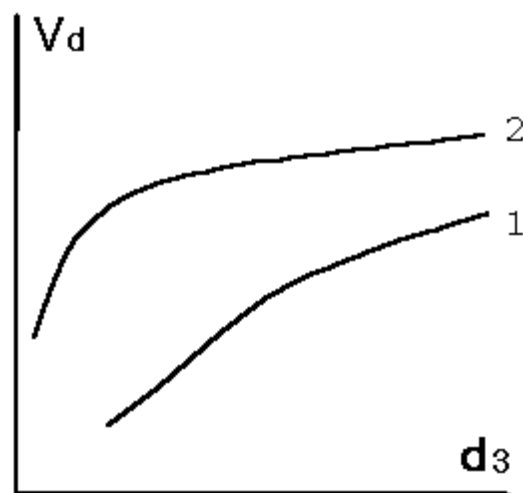


Рисунок 12 - Изменение скорости детонации открытого заряда (1) и в прочной оболочке (2) при увеличении диаметра

Влияние плотности ВВ неоднозначно для однокомпонентных и смесевых ВВ. Для первых при увеличении плотности скорость детонации возрастает до максимального значения и дальше не увеличивается. Для каждого смесевого ВВ имеется значение критической плотности, при которой скорость детонации максимальна. При дальнейшем уплотнении ВВ скорость детонации снижается вплоть до возникновения отказов (рис.13).

С увеличением теплоты взрыва возрастает скорость детонации ВВ и уменьшаются предельный и критический диаметры (рис.2). Существенное влияние на скорость детонации и критический диаметр оказывает дисперсность (гранулометрический состав) ВВ. С увеличением размера частиц ВВ критический диаметр увеличивается. Для аммонита №6 ЖВ критический диаметр равен 10-12 мм, а для гранулированного ВВ того же состава (граммонит 79/21) критический диаметр равен 40-60 мм. Критический диаметр смесевых ВВ зависит и от процентного соотношения компонентов в смеси. С увеличением в составе ВВ мощных однокомпонентных ВВ критический диаметр снижается (рис. 14).

3.8 Испытания на передачу детонации на расстояние и полноту детонации

На песчаном плотном грунте укладывают соосно два патрона ВВ. Расстояние между ними должно соответствовать величине, указанной в ГОСТе или ТУ для испытуемого ВВ. После инициирования одного из патронов должен детонировать и другой патрон за счет энергии ударной волны, передающейся через воздух.

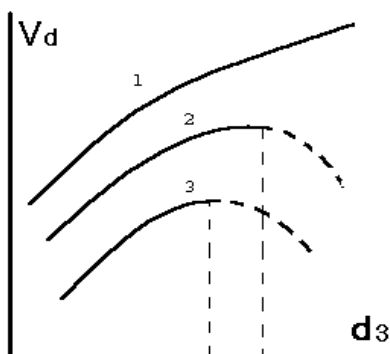


Рисунок 13 - Влияние плотности зарядов ВВ на скорость детонации
1 - мощные однокомпонентные ВВ
2, 3 - смесевые ВВ

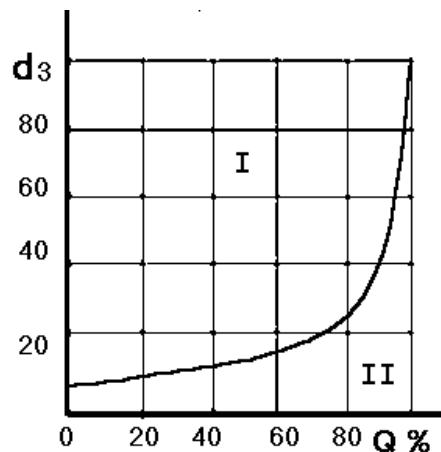


Рисунок 14 - Зависимость критического диаметра ($d_{кр}$) смеси тротил-селитра от содержания тротила

О полноте взрыва судят по образовавшимся отпечаткам на поверхности грунта. ВВ считается прошедшим испытание, если в двух параллельных опытах не произошло отказов. В случае отказа число опытов удваивается. В повторных испытаниях не должно быть ни одного отказа, в противном случае ВВ бракуется и возможность дальнейшего использования определяется комиссией.

При проведении испытания на полноту детонации на плотном песчаном грунте торцами впритык друг к другу укладываются патроны испытуемого ВВ. Количество патронов может соответствовать количеству патронов в применяемых зарядах. В наружный торец крайнего патрона вставляется КД или ЭД и производится инициирование заряда. По отпечатку на грунте судят

о полноте детонации. Допускается разбрасывание отдельных гранул грубо-дисперсных ВВ и остатков бумаги. Количество опытов и их повторность в случае отказа как и для испытаний на передачу детонации.

3.9 Определение скорости детонации

Скорость детонации — скорость распространения детонационной волны по заряду ВВ. Скорость детонации определяется составом и состоянием заряда, условиями взрывания. При одинаковых условиях скорость детонации постоянна и её значение — максимально возможное при этих условиях. Такое свойство делает скорость детонации одной из важнейших характеристик взрывчатых веществ.

Методы определения подразделяют на две группы:

1. определение среднего значения скорости на участке заряда
 - метод Дотриша;
 - осциллографический метод;
2. непрерывное определение скорости по длине участка заряда
 - фотографический метод в зарядах с прозрачной оболочкой;
 - осциллографический метод с датчиками переменного сопротивления;
 - радиоинтерферометрический метод (в основе лежит эффект Доплера) - измерение доплеровского сдвига частоты радиоволны сантиметрового или миллиметрового диапазона, отражаемой от детонационной волны.

Минимальная скорость детонации для твердых (конденсированных) взрывчатых веществ 1,2 км/с. Обычная скорость детонации промышленных ВВ 2,5-7,5 м/с .

Для определения скорости детонации ВВ наиболее часто используется метод Дотриша. При этом производится сравнение известной скорости детонации детонирующего шнура ($V_{дш}$) со скоростью детонации испытуемого ВВ и на эффекте образования четких отпечатков в виде углублений на пластинах из мягких материалов (свинец, алюминий, латунь) в месте столкновения детонационных волн (рис. 15).

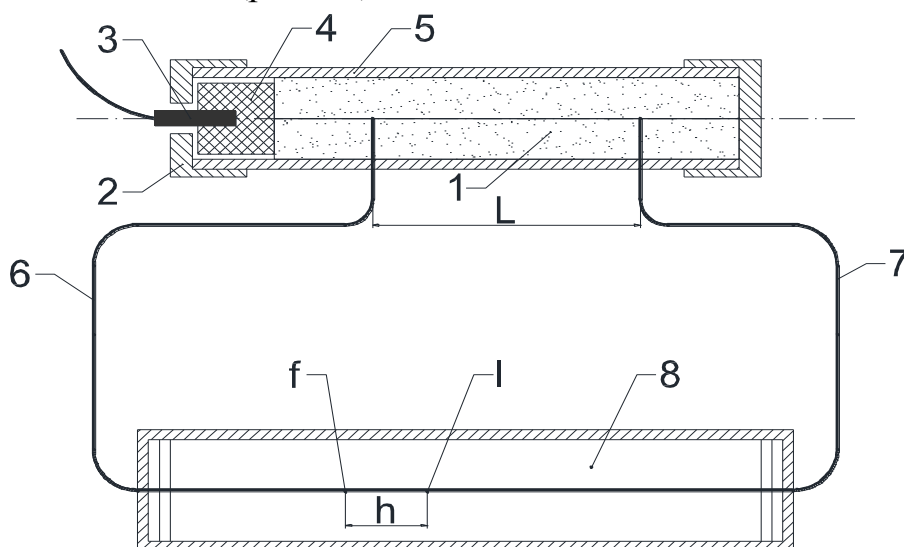


Рисунок 15 - Определение скорости детонации по методу Дотриша.

Испытуемое ВВ (1) помещается в стальную трубу (5) длиной ≈ 450 мм. Труба с двух сторон завинчивается крышками (2), в одной из которых есть отверстие для капсуля-детонатора или электродетонатора (3). В боковой поверхности трубы имеются два отверстия для отрезков ДШ (6,7). Свободные концы ДШ крепят на стальной пластинке (8). При взрыве детонация распространяется по заряду ВВ и по обеим ветвям ДШ. В месте на пластинке, где детонационные волны встретятся, образуется четкое характерное углубление (точка К). Расчет скорости детонации производится из предположения, что время, в течение которого проходят детонационные волны по первому отрезку ДШ и по второму (плюс испытуемое ВВ) равны.

$$V_{\text{ВВ}} = \frac{V_{\text{ДШ}} \cdot L_2}{L_1 - L_3}, \quad (3.12)$$

Данный метод позволяет определить скорость детонации ВВ с погрешностью $\pm 3\%$.

3.10 Кумулятивный эффект

Кумулятивный эффект - значительное увеличение действия взрыва в определенном направлении, достигаемое специальной формой зарядов взрывчатых веществ - с выемкой (обычно конической формы) в противоположной от детонатора части заряда. При инициировании взрыва продукты химической реакции образуют сходящийся к выемке поток - формируется высокоскоростная кумулятивная струя. Выемку обычно облицовывают слоем металла толщиной $l=1-2$ мм, что значительно повышает кумулятивный эффект: под действием высокого (до ≈ 10 ГПа, т. е. ≈ 105 атм) давления продуктов химической реакции образуется струя металла, скорость которой достигает $10-15$ км/с, что обеспечивает ей значительную пробивную силу.

Гидродинамическая теория, основанная на модели металлической струи как плёнки идеальной жидкости, позволяет получить выражения для массы струи:

$$m=2M/\sin 2\alpha/2, \quad (3.13)$$

её радиуса:

$$r=(2hR) \sin \alpha/2, \quad (3.14)$$

длины:

$$l=H, \quad (3.15)$$

скорости:

$$v= V \cdot \text{ctg } \alpha/2, \quad (3.16)$$

где M - масса металлической облицовки;

V - скорость обжатия конуса продуктами взрыва;

H, h, α - смотри обозначения на рисунке.

Максимальная глубина проникновения струи при некотором оптимальном удалении заряда от преграды, называемом фокусным расстоянием равна:

$$s=(\rho_0/\rho_1)l, \quad (3.17)$$

где - ρ_0 и ρ_1 — соответствующая плотность металлической облицовки и преграды.

Резкое падение пробивного действия при удалении заряда от преграды связано с неустойчивостью струи.

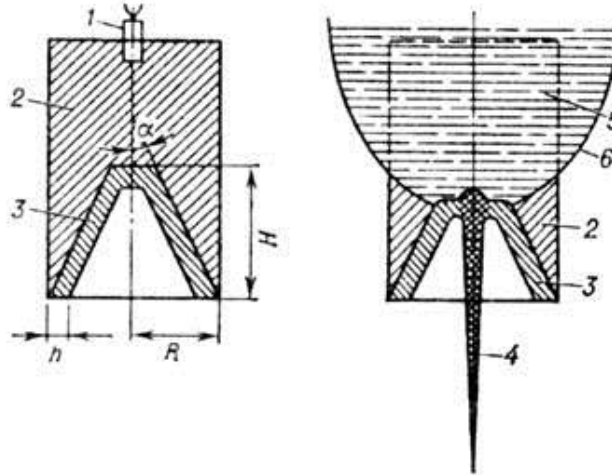


Рисунок 16 - Формирование направленной струи при кумулятивном эффекте: 1 — электродетонатор; 2 — ВВ; 3 — металлическая облицовка; 4 — кумулятивная струя; 5 — продукты детонации; 6 — фронт детонационной волны.

3.11 Определение работоспособности ВВ

Характеристика, определяющая способность ВВ производить общую работу и в идеальном случае равная механическому эквиваленту теплоты взрыва, называется работоспособность (фугасность). Наиболее простым и распространенным методом практической оценки работоспособности ВВ является испытание ВВ по способу Трауцля в свинцовой бомбе(рис.17).

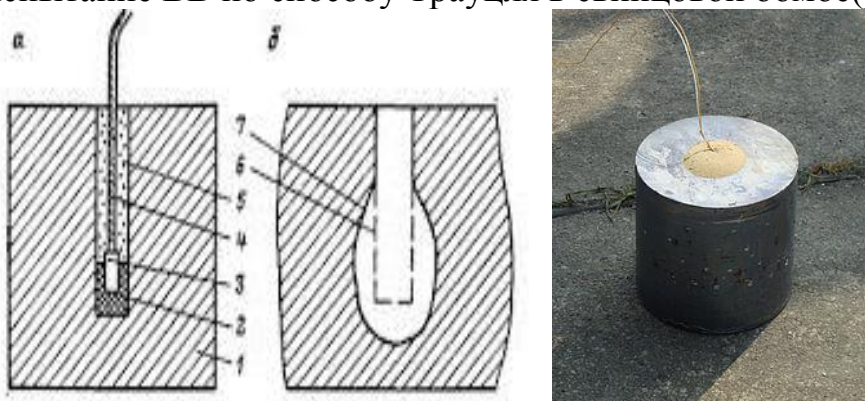


Рисунок 17 - Схема к определению работоспособности ВВ в свинцовой бомбе
а) до испытаний; б) после испытаний.

- 1.Свинцовый цилиндр; 2.Заряд испытываемого ВВ; 3.ЭД(КД);
- 4.Провода (или ОШ); 5.забойка (кварцевый песок);
- 6.контур канала до взрывания и после

В данной установке определяется работоспособность порошкообразных, гранулированных и других ВВ, у которых критический диаметр детонации ($d_{кр}$) в данных условиях не более 20 мм.

Навеску ВВ массой 10 г и электродетонатор размещают в бумажном стаканчике (1) и опускают в канал свинцовой бомбы (2). Свободную часть канала засыпают забойкой (кварцевый песок) (3). В результате взрыва происходит расширение канала бомбы (рис. 10 б). Производится измерение объема канала бомбы до взрыва (V_d) и после взрыва (V_n). Работоспособность (P_B , $см^3$) определяется по формуле :

$$P_B = V_d - V_n - V_k, \quad (3.18)$$

где V_k - прирост объема бомбы за счет взрыва ЭД, $см^3$. $V_d \cong 30 \text{ см}^3$.

Недостатком данного метода является то, что при $P_B > 420 \text{ см}^3$ стенки бомбы становятся тонкими и расширение внутренней полости происходит быстрее, чем рост энергии самого ВВ.

Существует ряд установок (баллистическая мортира, баллистический маятник) в которых можно проводить испытания значительно больших по массе образцов ВВ (до 500 г). К примеру, на баллистическом маятнике кроме работоспособности можно определять и тротильный эквивалент, который равен отношению энергии которая выделяется при взрыве испытуемого ВВ (200 г) к энергии которая выделяется при взрыве эталонного ВВ той же массы (тротил).

3.12 Определение бризантности ВВ

Бризантность - характеристика ВВ. Служит мерой его способности к локальному дробящему воздействию на среду, в которой происходит взрыв. Бризантность зависит от состава взрывчатого вещества, его плотности, физического состояния, степени измельчения. Как правило, бризантность возрастает с увеличением плотности и скорости детонации ВВ.

Наиболее распространенным способом определения бризантности ВВ является проба на обжатие свинцовых (способ Гесса) цилиндров. На стальную плиту 1 (рис. 18) ставят цилиндр 2 из рафинированного свинца высотой 60 мм и диаметром 40 мм. Сверху на него кладут стальной диск 3 диаметром 41 мм и толщиной 10 мм. На диск ставят патрон 4 испытуемого ВВ массой 50 г и диаметром 40 мм в бумажной гильзе.

Плотность ВВ в патроне такая же, как в заводских патронах. Поверх ВВ в гильзе патрона помещают картонный диск с осевым отверстием.

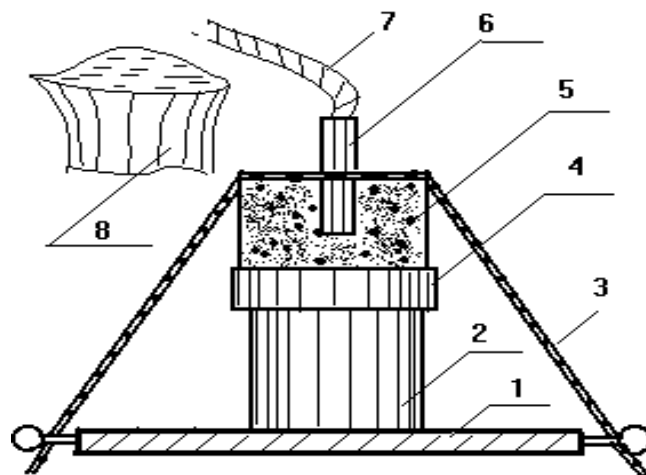


Рисунок 18 - Определение бризантности ВВ

Через это отверстие в патрон вставляют детонатор 5. Патрон укрепляют в вертикальном положении и взрывают его. В результате взрыва верхняя часть свинцового цилиндра 8 расплющивается и приобретает грибовидную форму, а высота его уменьшается. Измерив в четырех местах высоту обжатого цилиндра, вычисляют величину его усадки. По величине усадки оценивают бризантность ВВ.

$$Б = H_{до} - H_{п} \quad (3.19)$$

где $H_{до}$ - высота свинцового столбика до испытаний, $H = 60$ мм.

$H_{п}$ - средняя высота столбика после испытаний, мм.

Грубодисперсные ВВ с пониженной детонационной способностью ($d_{кр} > 40$ мм) помещают в стальную гильзу. (В характеристике обязательно указываются условия проведения испытаний).

3.13 Определение чувствительности ВВ

Чувствительность к удару — характеристика взрывчатых веществ (ВВ), определяющая вероятность возникновения взрыва при внешнем воздействии ударного характера. Чувствительность к удару чаще всего определяют на специальных устройствах (копрах), позволяющих получать воспроизводимые результаты. Наиболее распространёнными числовыми показателями являются:

- минимальное значение высоты падения груза на прибор, снаряжённый ВВ, при котором со 100-процентной вероятностью происходит взрыв этого ВВ в стандартных условиях;
- процент взрывов при определённом числе испытаний с падением груза стандартной массы с определённой высоты на прибор, снаряжённый ВВ.

Чувствительность к удару для груза 2 кг:

- Гремучая ртуть - 2 см;
- Нитроглицерин - 4 см;
- Тротил - 100 см.

Чувствительность ВВ к удару определяют в основном на копрах, состоящих из двух, иногда из трех строго параллельных вертикальных направляющих, по которым свободно перемещается груз, производящий удар по ВВ. Груз в верхней части снабжен механическими или электромагнитными захватами, фиксирующими его на определенной высоте. На прочном фундаменте (рис. 19) помещается массивная наковальня 1, на которой располагается штемпельный прибор (№1 или №2) с навеской ВВ 5. Прибор №1 состоит из металлического поддона 2, направляющей обоймы (муфты) 3 и двух поршеньков 4, между торцами которых помещена навеска (обычно от 0,02 до 0,05 г) исследуемого ВВ. В качестве поршеньков применяют ролики от подшипников, отличающиеся высокой степенью постоянства механических свойств и точности размеров. Ролики в приборчике №1 точно пригнаны к каналу обоймы и не имеют фасок на торцах, так что ВВ при ударе будет сжиматься, не имея возможности свободно течь. Прибор №2 отличается от прибора №1 наличием кольцевой канавки в обойме на уровне расположения навески ВВ, что позволяет оценить чувствительность ВВ в условиях его истечения.

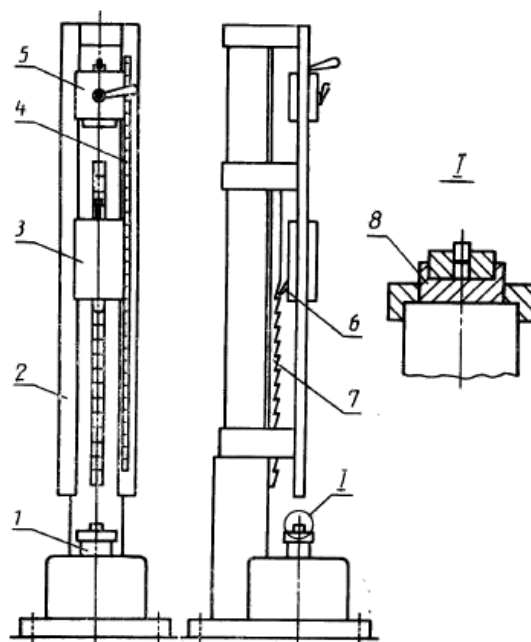
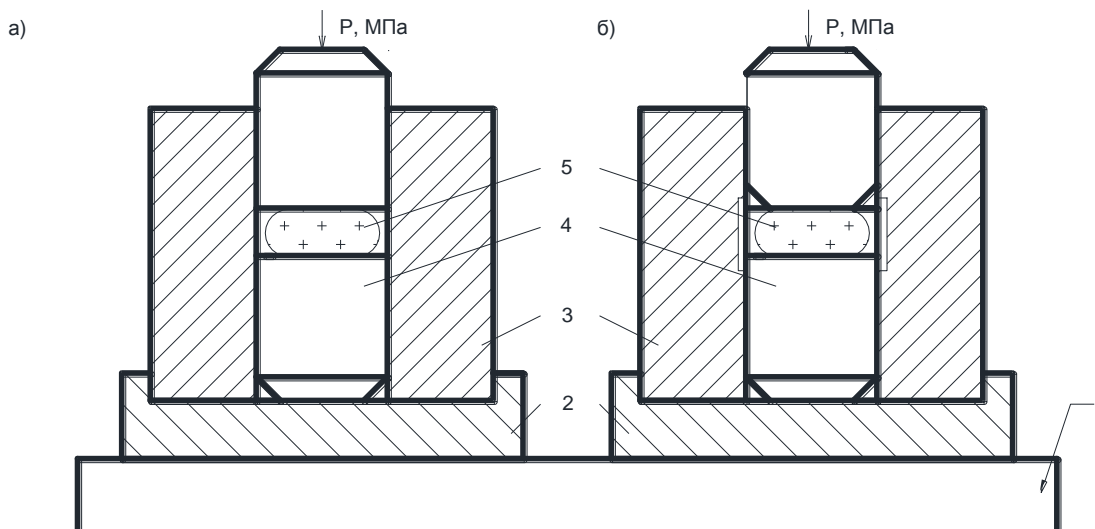


Рисунок 19 – Схема копра

1- наковальня, 2 – колонна, 3 – груз, 4 – линейка, 5 – устройство для зацепления и сбрасывания груза, 6 - ограничитель движения, 7 – рейка зубчатая, 8 – роликовый прибор



а) прибор №1; б) прибор №2

Рисунок 20 – Определение чувствительности ВВ

Некоторые малотекучие, непластичные ВВ, такие, например, как пироксилин, не дающие взрывов в приборе №1, т.е. в условиях затрудненного течения, обнаруживают высокую частоту взрыва в приборе №2. Напротив, ВВ, обладающие высокой текучестью, могут проявлять большую чувствительность в приборе №1, чем в приборе №2. При испытании жидких ВВ навеску помещают в чашечку из мягкого металла, чтобы исключить выплескивание ВВ из прибора №2 при ударе.

4 ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

4.1. Классификация взрывчатых веществ

В соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах все промышленные взрывчатые материалы (ВВ, СИ, ПВА) классифицируются:

- по степени опасности при обращении с ними (хранение, перевозка, использование). Относятся к классу I и разделяются на группы (табл. 14).
- по условиям применения (табл.15)

Таблица 14

Классификация ВМ по степени опасности при обращении с ними

| Группа совместимости (опасности) | Вещества, изделия |
|----------------------------------|---|
| I | 2 |
| B | Изделия, содержащие инициирующие ВВ |
| C | Метательные ВВ и другие дефлагирующие ВВ или изделия, содержащие их |
| D | Вторичные детонирующие ВВ; дымный порох; изделия содержащие детонирующие ВВ без средств инициирования и метательных зарядов |

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| F | Изделия, содержащие вторичные детонирующие ВВ, средства инициирования и метательные заряды, или без метательных зарядов |
| G | Пиротехнические вещества и изделия, содержащие их |

Взрывчатые материалы различных групп совместимости должны храниться и перевозиться отдельно. Допускается совместное хранение:

1. Дымных (D) и бездымных (C) порохов в соответствии с требованиями к наиболее чувствительным из них.
2. Изделий группы а с взрывчатыми материалами групп В, С, и D.
3. Детонирующего шнура (D) с изделиями группы В (КД, ЭД, РП, КЗДШ).

Таблица 15

Классификация промышленных ВВ по условиям применения

| Класс ВВ | Группа ВВ | Вид ВВ и условия применения | Цвет отличительной полосы или оболочек патронов (пачек) |
|----------|-----------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I | - | Непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности | Белый |
| II | - | Непредохранительные ВВ для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или взрывчатой угольной (сланцевой)пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах | Красный |
| III | - | Предохранительные ВВ для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение горючих газов, но отсутствует взрывчатая угольная (сланцевая) пыль | Синий |
| IV | - | Предохранительные ВВ для взрывания: по углю и (или) породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной (сланцевой) пыли при отсутствии выделения горючих газов; по углю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение горючих газов, кроме выработок с повышенным выделением горючих газов; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок угольных шахт | Желтый |
| V | - | Предохранительные ВВ для взрывания по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газозвдушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах массива горных пород, либо в выработке | Желтый |

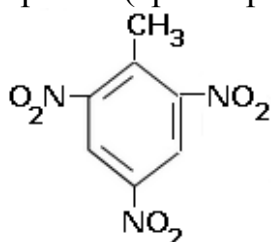
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|---|---|---------|
| VI | - | Предохранительные ВВ для взрывания: по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовой воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке; угольных и смешанных забоях восстающих (более 10 град.) выработок, в которых выделяется горючий газ, при длине выработок более 20 м и проведении их без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии | Желтый |
| VII | - | Предохранительные ВВ и изделия из предохранительных ВВ V - VI классов для ведения специальных взрывных работ (водораспыление и распыление порошкообразных ингибиторов, взрывное перебивание деревянных стоек при посадке кровли, ликвидация завесаний горной массы в углеспускных выработках, дробление негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной пыли | Желтый |
| Специальный (С) | - | Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них, предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной (сланцевой) пыли | - |
| | 1 | Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных и сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для заоткоски уступов; разрушение мерзлых грунтов; дробление негабаритных кусков горной массы; сейсморазведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров, другие специальные работы | Белый |
| | 2 | Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и (или) угольной (сланцевой) пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков горной массы; контурное взрывание, другие специальные работы | Красный |
| | 3 | Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах | Черный |
| | 4 | Взрывные работы в серных, нефтяных и других шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов | Зеленый |

4.2 Компоненты промышленных ВВ

В состав промышленных ВВ входит большое количество компонентов. Среди них могут быть как взрывчатые вещества (тротил, гексоген, нитроглицерин, ТЭН, октоген) так и невзрывчатые вещества (аммиачная селитра; КМЦ; полиакриламид; гуаргам; сода; торфяная, жмыховая мука; минеральное масло; порошкообразный алюминий; вода).

Взрывчатые компоненты промышленных ВВ представляют собой в основном нитросоединения, содержащие нитрогруппу - NO₂ (нитросоединения ароматического ряда - тротил, динитронафталин, нитрометан), -O-NO₂ (нитраты спиртов - нитроглицерин, нитроглицоль, ТЭН), -N-NO₂ (нитрамыны - гексоген, октоген).

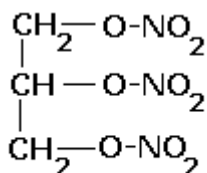
Тротил (тринитротолуол) - C₆H₂(NO₂)₃ CH₃



ТРИНИТРОТОЛУОЛ

Малочувствительное химически и термически стойкое соединение, представляющее порошок белого цвета, желтеющий на свету. Практически нерастворим в воде, токсичен, хорошо детонирует в воде. Применяется как компонент аммиачно-селитренных ВВ; для изготовления промежуточных детонаторов (Т-400Г, ТГ-500); как самостоятельное ВВ (гранулотол).

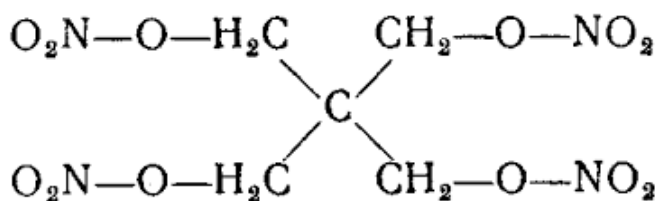
Нитроглицерин (тринитроглицерин) CH(CH₂ONO₂)₃



ТРИНИТРОГЛИЦЕРИН

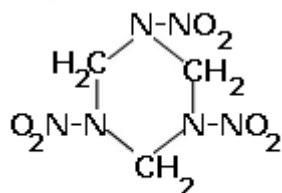
Бесцветная маслянистая жидкость, твердеющая при температуре 13,2°С. Очень чувствителен к механическим воздействиям и нагреванию, очень токсичен, практически не растворим в воде. Одно из наиболее мощных ВВ. Используется в смеси с нитроглицеринем и нитродиглицеринем для производства ВВ на основе нитроэфиров (детонит М, углениты).

ТЭН (тетранитропентаэритрит) C(CH₂ONO₂)₄



Белое кристаллическое вещество с насыпной плотностью около 1 г/см³. Химически стоек, токсичен, чувствителен к механическим воздействиям, практически нерастворим в воде. Чистый и флегматизированный ТЭН применяется в КД, ЭД и особенно широко в качестве сердцевины нетермостойких детонирующих шнуров.

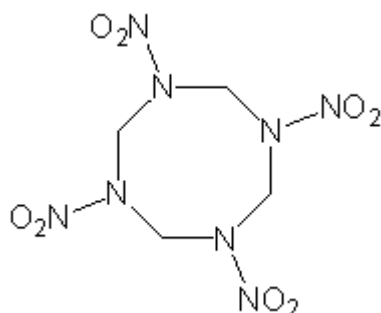
Гексоген (циклотриметилентринитрамин) (CH₂)₃N₃(NO₂)₃



ГЕКСОГЕН

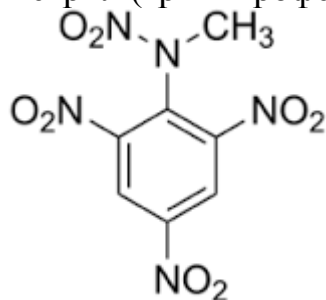
Белый кристаллический порошок. Химически и термически стабилен, длительно выдерживает высокую температуру, весьма ядовит, обладает высокой чувствительностью к механическим воздействиям. Имеет малый критический диаметр детонации. Используется в КД, ЭД, термостойких и повышенной мощности ДШ, как сенсibilизатор в аммиачно-селитренных ВВ. Используют во флегматизированном состоянии (до 6% церезина или парафина).

Октоген (циклотетраметилентетранитрамин) (CH₂)₄N₄(NO₂)₄



Белое кристаллическое вещество с высокой температурой плавления и термостабильностью. Обладает высокой чувствительностью к механическим воздействиям и малым критическим диаметром. Благодаря высокой термостабильности (200°С в течение 8 часов) применяется исключительно в термостойких КД, ЭД, ДШ.

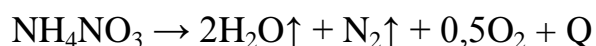
Тетрил (тринитрофенилметилнитрамин) C₆H₂(NO₂)₄NCH₃



Кристаллический порошок бледно-желтого цвета. При воспламенении быстро горит с возможностью перехода горения в детонацию. Не взаимодей-

ствуется с металлами. Обладает высокой чувствительностью и инициирующей способностью. Используется в качестве вторичного инициирующего ВВ в большинстве выпускаемых КД и ЭД.

Аммиачная селитра NH_4NO_3 - белый кристаллический порошок. Выпускается несколько видов аммиачной селитры (АС): порошкообразная, мелкокристаллическая, гранулированная беспористая, гранулированная пористая, водостойчивая кристаллическая. АС содержит 35 % азота, 5 % водорода, 60 % кислорода. При взрывчатом превращении 20 % кислорода выделяется в свободном состоянии. Температура плавления 160 °С, при влажности 2,5 % температура плавления снижается до 140 °С. Химически стойка и термостабильна (термический распад начинается при температуре 185-200 °С). Очень хорошо растворяется в воде (178 г в 100 мл воды при $T=20$ °С). Гигроскопична, сильно подвержена слеживанию, особенно при увеличении влажности и температуры. С некоторыми веществами (сера, сульфиды, железные руды) вступает в химические реакции с выделением тепла, что может привести к самопроизвольной детонации. Разложение АС может произойти по нескольким реакциям. При детонации АС в идеальных условиях выделяется максимальное количество теплоты (384 ккал/кг) и газообразных продуктов (≈ 980 л/кг):



АС пожароопасна, что связано с возможностью перехода горения в детонацию. Способность к детонации снижается с увеличением диаметра гранул, влажности. Примеси горючих веществ (дизтопливо, масло) при содержании до 6 % резко увеличивают чувствительность АС к детонации. Стоимость АС наименьшая среди всех выпускаемых селитр (натриевая, калиевая, кальциевая). Используется в большинстве промышленных ВВ в качестве окислителя.

Другие виды селитр содержат значительно больше "свободного" кислорода (в 2-2,5 раза), имеют более высокую плотность, обладают более высокой чувствительностью, однако при взрывчатом превращении образуют значительно меньше газообразных продуктов и твердые окислы, что значительно снижает их ценность как возможного компонента для промышленных ВВ. Используются в основном в водонаполненных ВВ для повышения плотности, пластичности, снижения температуры замерзания (особенно кальциевая).

Дизельные топлива и масла.

Для изготовления промышленных ВВ используют все выпускаемые виды дизельного топлива (арктическое, зимнее, летнее и др.) с цетановым числом не менее 40 или низковязкие виды масел (индустриальное, веретенное, приборное, трансформаторное, соляровое). Степень очистки данных масел от различных примесей удовлетворяет требованиям ГОСТ и ТУ для промышленных ВВ.

Карбамид (мочевина) H_2NCOOH_2

Сыпучее, нетоксичное, неслеживающееся вещество. Используется в качестве удобрения, для очистки нефти от парафинов. Не взрывоопасно. Применяется в горячельющихся ВВ (карбатылы) для получения низкоплавких смесей (смесь карбамида и АС с 5% воды плавится при $t_0 \approx 75-80^\circ\text{C}$).

Загустители

Высокомолекулярные природные и промышленные вещества, предназначенные для придания ВВ густой (вязкой) консистенции и повышения физической стойкости (отсутствие расслоения) водонаполненных (водосодержащих) промышленных ВВ. В качестве загустителя наиболее часто используются КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза), ПАА (полиакриламид) и гуаргам (природный продукт). Выпускаются в виде порошков, которые затем растворяясь в воде значительно повышают вязкость растворов. Лучшей растворимостью обладает гуаргам, несколько хуже растворяется КМЦ. Для растворения ПАА необходима подогретая вода и постоянное перемешивание. Растворимость в воде загустителей 98-99%.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ, целлюлозогликолевая кислота, $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{OCH}_2\text{COOH})_x]_n$, где $x = 0,08-1,5$) — производная целлюлозы. Является слабой кислотой, бесцветна. Внешний вид: светло-бежевый кристаллический порошок. pH (1 % раствор в воде) = 7,7. В химической, пищевой и медицинской промышленности наиболее часто используется как натриевая соль натрий-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ), водные растворы которой вязки, обладают псевдопластичностью, а у некоторых сортов - тиксотропией. Na-КМЦ применяется в качестве пластификатора, загустителя, ресорбента. В качестве загущающего агента входит в состав зубной пасты, пищевых продуктов (пищевая добавка E469, E466), косметики, лака для волос, слабительных средств. Применяется в производстве клея. Глинистые суспензии Na-КМЦ используются при бурении, входит в состав моющих средств. Используется в водонаполненных ВВ со структурообразующими добавками, ПАА для изготовления гелеобразных ВВ в заводских условиях.

Металлические горючие добавки.

Одним из путей повышения энергии взрыва является введение в состав промышленных ВВ порошкообразных металлов. Химические реакции окисления металлов идут со значительно большим выделением теплоты, чем при окислении водорода и углерода. Наибольший эффект достигается при добавке алюминиевой пудры до 15% по массе ВВ (алюмотол). Дальнейшее увеличение массы алюминия приводит к значительному удорожанию ВВ. В качестве добавок могут быть использованы и другие более экономичные и менее дефицитные металлы и их соединения (кремний, железо, ферросилиций, силикокальций). Данные вещества также обеспечивают высокую объемную концентрацию энергии (практически не уступая алюминию) и позволяют снизить стоимость ВВ на 10-15%.

ПЕРЕЧЕНЬ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИБОРОВ ВЗРЫВНОГО ДЕЛА, ДОПУЩЕННЫХ К ПРИМЕНЕНИЮ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Приказ Ростехнадзора от 15.09.2011 N 537

4.3 Простейшие промышленные ВВ, не содержащие тротила

Простейшие взрывчатые вещества — смеси гранулированной селитры с жидкими или легкоплавкими нефтепродуктами, не содержащие взрывчатых компонентов (нитросоединений). К простейшим взрывчатым веществам относятся игданит и гранулиты.

Простейшие взрывчатые вещества отличаются низкой чувствительностью к механическим воздействиям, невысокими взрывчатыми и детонационными свойствами. Они малочувствительны к капсюлю-детонатору и детонирующему шнуру, надёжно детонируют от промежуточного детонатора-патрона - аммонита или тротиловой шашки. Давление детонации простейшего взрывчатого вещества в идеальном режиме в 1,6 раза ниже, чем у аммонита, а импульс взрыва более растянут. Ширина зоны химической реакции простейшего взрывчатого вещества значительно больше ширины зоны химической реакции аммонита. Это приводит к более "мягкому" нагружению горных пород при взрывании. Недостаток простейших взрывчатых веществ - низкая водоустойчивость (при длительном пребывании в воде селитра растворяется и смесь теряет взрывчатые свойства).

Простейшие взрывчатые вещества изготовляют в основном на месте применения (игданит), реже на специализированных заводах (гранулиты).

Простейшие взрывчатые вещества используют при зарядании шпуров и скважин на открытых и подземных работах в сухих или осушенных выработках (кроме шахт, опасных по газу или пыли). Благодаря малой чувствительности к механическим воздействиям и малому пылению простейшие взрывчатые вещества пригодны для механизированного транспортирования и зарядания. При пневматическом зарядании достигается плотность 1000-1200 кг/м³, вследствие чего простейшие взрывчатые вещества по силе взрыва не уступают более мощным патронированным аммонитам и детонитам.

Игданит - простейшее гранулированное ВВ средней мощности, состоящее из гранулированной аммиачной селитры и дизельного топлива. Пористая и водоустойчивая селитры (марки Р и ЖВГ) впитывают и стабильно удерживают оптимальное количество дизельного топлива (ДТ), отвечающее $K_6 = 0$ смеси и максимальной теплоте взрыва. Непористая селитра (марки А и Б) обладает более низкой впитывающей способностью, при длительном зарядании ДТ стекает в нижнюю часть заряда. Для сохранения оптимального количества ДТ в составе игданита гранулы непористой селитры частично дробят либо вводят в топливо поверхностно-активные или загущающие добавки. Игданит недостаточно чувствителен к первичным средствам инициирования и обладают низкой чувствительностью к механическим воздействиям. Игданит на непористой селитре менее чувствителен и детонирует с относительно невысокой скоростью. Чувствительность и детонационная способ-

ность игданита сильно зависит от размеров пор, влажности гранул, плотности заряжания. Игданиты достаточно эффективны для взрывания пород слабой и средней крепости.

Благодаря простоте технологии и низкой чувствительности к внешним воздействиям игданит разрешен к производству на местах применения. Его изготавливают на стационарных смесительных установках или с помощью смесительно-зарядных машин непосредственно в процессе заряжания и расходуют в день изготовления. Скважины заряжают засыпкой или пневматической подачей из смесительно-зарядной машины. В подземных выработках игданит заряжают пневмозарядниками.

Гранулит М - изготавливается на пористых сортах селитры, содержит в качестве горючего соляровое масло, которое полностью впитывается в гранулы пористой селитры. Поэтому гранулы после смешивания почти сухие на ощупь. Физически стабилен, масло из гранул не экссудировать. Гранулит М хранится без изменения химического состава и взрывчатых свойств в течение длительного времени. Практически не слеживается, сыпуч, хорошо транспортируется по трубам с малой степенью электризации, не пылит, пригоден для пневматического заряжания. Как и игданит, характеризуется низкой чувствительностью к механическим воздействиям. Благодаря однородности смешивания имеет более высокую детонационную способность. В зависимости от плотности заряжания и диаметра заряда детонирует со скоростью 2,8-3,8 км/с. При пневматическом заряжании обеспечивается плотность до 1150 кг/м³ в шпурах и до 1050 кг/м³ в скважинах. Гранулит М предназначен для открытых и подземных работ. Для надежности взрывания гранулита М рекомендуется применять промежуточные детонаторы. Наиболее эффективен для дробления пород средней крепости.

Гранулиты АС-4 и АС-8 содержат алюминиевую пудру. При пневматическом заряжании обеспечивается плотность зарядов 1100—1200 кг/м³ в шпурах и 1000—1100 кг/м³ - в скважинах. При указанных параметрах заряжания гранулиты АС-4 и АС-8 по объемной концентрации энергии превосходят мощные патронированные аммониты и детониты. Гранулиты АС-4 и АС-8 физически стабильны, сыпучи, но при пневматическом заряжании пылят. Для снижения пыления и электризуемости гранулиты АС-4 и АС-8 рекомендуется орошать небольшим количеством воды (2—3%). К механическим воздействиям более чувствительны, чем неметаллизированные простейшие ВВ, но менее чувствительны, чем аммониты и граммониты. Надежно детонируют от промежуточного детонатора в виде патронов аммонита в подземных выработках, шашек-детонаторов из тротила на открытых разработках. Применяется в сухих и слабо обводнённых забоях.

Гранулиты АС-4В и АС-8В в отличие от АС-4 и АС-8 вместо солярового масла в качестве органического горючего содержат легкоплавкие нефтепродукты (парафины, воски). Средний размер гранул 1,8—2 мм, прочность па раздавливание 3-8 Н на гранулу. Благодаря покрытию гранул пленкой из гидрофобного нефтепродукта могут находиться в течение 2—4 ч в шпурах и скважинах с непроточной водой без потери взрывчатых свойств. При пнев-

матическом зарядании уплотняются в шпурах и скважинах несколько хуже, чем составы с жидкими нефтепродуктами. Для снижения электризуемости и уменьшения пыления при пневматическом зарядании гранулиты рекомендуется увлажнять из расчета 2-3 % воды.

Таблица 16

Компоненты и показатели простейших взрывчатых веществ

| Компоненты и показатели | Гранулиты | | | | | Игданит |
|--------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | АС-4 | АС-4В | АС-8 | АС-8В | М | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Состав, %: | | | | | | |
| АС гранулированная | 92 | 92 | 89 | 89 | 94,5 | 94,5** |
| Алюминиевая пудра | 4 | 4 | 8 | 8 | 5,5 | - |
| Масло минеральное (парафины, воски) | 4 | (4) | (3) | | | - |
| Дизельное топливо | | | | -3,3 | 0,14 | 5,5 |
| Показатели: | | | | | | |
| Кислородный баланс, % | 0,41 | 0,35 | -0,34 | -3,3 | 0,14 | 0,12 |
| Объем газов, л/кг | 907 | 907 | 847 | 850 | 980 | 980 |
| Теплота взрыва, кДж/кг | 1080 | 1080 | 1248 | 1250 | 920 | 920 |
| Скорость детонации, км/с | 2,6-3,5 | 2,8-3,5 | 3,0-3,6 | 3,0-3,6 | 2,5-3,6 | 2,2-2,8 |
| Работоспособность, см ³ | 390-410 | 390-410 | 410-430 | 400-420 | 320-330 | 320-330 |
| Бризантность, мм (в стальном кольце) | 22-26 | 22-24 | 22-28 | 22-26 | 18-22 | 15-20 |

4.4 Гранулированные тротилсодержащие ВВ

Граммонит 79/21 - смесь гранул аммиачной селитры и чешуек тротила без расслоения компонентов и видимых на глаз механических примесей и комков компонентов более 5 мм. Эффективность применения граммонита близка к эффективности гранулотола, а в обводнённых условиях даже выше на 10-15 % за счёт растворения селитры и увеличения плотности заряда. Наличие в составе аммиачной селитры заметно снижает образование окиси углерода и токсичность продуктов взрыва. По степени опасности при хранении и транспортировании тротил относится к классу 1, подклассу 1.1, группе D. Номер ООН - 0082. Номер аварийной карточки, содержащей меры безопасности при аварийных ситуациях на автомобильном транспорте - 1. Код

экстренных мер, распространяющихся на перевозку тротила автомобильным транспортом - 2Э. Применяется для ведения взрывных работ в карьерах, рудниках и шахтах не опасных по газу и пыли при ручном и механизированном зарядании сухих и мокрых (обезвоженных) шпуров, скважин и камер. Рекомендуется использовать для горно-взрывных работ на породах средней и высокой крепости при добыче полезных ископаемых и других целей. Граммонит 79/21 отличается от порошкообразных ВВ низкой чувствительностью к механическим воздействиям, отсутствием пыления, удобством в применении и безопасностью в обращении.

Взрывчатые характеристики:

| | |
|---|-----------|
| Скорость детонации, км/с | 3,2-3,6 |
| Теплота взрыва, кДж/кг | 4291 |
| Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг | 895 |
| Критический диаметр, мм | 50-70 |
| Насыпная плотность, г/см ³ | 0,85-0,90 |
| Кислородный баланс, % | +0,02 |
| Бризантность, мм | 20-25 |
| Температура взрыва, °С | 2960 |
| Тротиловый эквивалент | 1,02 |

Технические характеристики:

| | |
|------------------------------------|--------|
| Массовая доля аммиачной селитры, % | 79±1,5 |
| Массовая доля тринитротолуола, % | 21±1,5 |

Граммонит А предназначен для проведения взрывных работ на открытых поверхностях, в подземных условиях рудников и шахт, не опасных по газу и пыли, при ручном и механизированном способе зарядания сухих и мокрых (обезвоженных) скважин и камер. II класс по условиям применения. Иницируется от промежуточного детонатора или патрона- боевика. Выпускают в виде гранулированного продукта - смеси аммиачной селитры, тротила и дизельного топлива. Граммонит А отличается низкой чувствительностью к механическим воздействиям, отсутствием пыления, удобством в применении и безопасностью в обращении.

Основные характеристики ГРАММОНИТа А

| | |
|--|-----------------|
| Теплота взрыва, кДж/кг, (ккал/кг) | 3929 (940) |
| Бризантность, мм, не менее | 16-17 |
| Температура взрыва, 0С | 2694,9 |
| Скорость детонации, км/с, не менее | 3,2-3,6 |
| Критический диаметр детонации открытого заряда, мм | 95-100 |
| Объем газов, л/кг | 947,29 |
| Работоспособность, см ³ | 360-370 |
| Тропиловый эквивалент | 0,94 |
| Кислородный баланс, % | -0,21 |
| Плотность заряжения, г/см ² | 0,85-1,15 |
| Водоустойчивость | не водоустойчив |

Граммонит 79/21 ГС представляет собой смесь аммиачной селитры с тротилом, полученную напылением расплавленного тротила на гранулы аммиачной селитры. Гранулы сферической и полусферической формы без видимых на глаз механических примесей и комков компонентов более 5 мм. Эффективность применения граммонита 79/21 ГС близка к эффективности гранулолита, а в обводнённых условиях даже выше на 10-15 % за счёт растворения селитры и увеличения плотности заряда. Наличие в составе аммиачной селитры заметно снижает образование окиси углерода и токсичность продуктов взрыва. Применяется для ведения взрывных работ на открытых горных разработках с ручным и механизированным (кроме пневматического) заряжением сухих и мокрых (обезвоженных) скважин, шпуров и камер. Рекомендуется к применению в горновзрывных работах на породах средней и высокой крепости. Газообразные продукты взрыва содержат незначительное количество токсичных компонентов. Широко используется на открытых горных разработках в том числе в условиях массового взрыва. Граммонит 79/21 ГС отличается низкой чувствительностью к механическим воздействиям, отсутствием пыления, удобством в применении и безопасностью в обращении.

Взрывчатые характеристики:

| | |
|---|---------|
| Скорость детонации, км/с | 3,2-3,6 |
| Теплота взрыва, кДж/кг | 4300 |
| Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг | 900 |

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Критический диаметр, мм | 50-70 |
| Насыпная плотность, г/см ³ | 0,85-0,90 |
| Кислородный баланс, % | +0,02 |
| Бризантность, мм | не менее 22-28 |
| Температура взрыва, °С | 2960 |
| Тропиловый эквивалент | 1,02 |

Технические характеристики:

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Массовая доля аммиачной селитры, % | 79±3 |
| Массовая доля тротила, % | 21±3 |
| Массовая доля влаги, % | не более 0,5 |

Граммонит 50/50 - смесь аммиачной селитры с тротилом, полученная напылением расплавленного тротила на гранулы аммиачной селитры. Гранулы сферической и полусферической формы размером до 5 мм без видимых на глаз механических примесей и комков компонентов более 15 мм. По степени опасности при хранении и транспортировании тротил относится к классу 1, подклассу 1.1, группе совместимости D. Номер ООН - 0082. Номер аварийной карточки, содержащей меры безопасности при аварийных ситуациях на автомобильном - 1. Код экстренных мер, распространяющихся на перевозку тротила автомобильным транспортом - 2Э. Применяется на открытых разработках при ручном и механизированном зарядании сухих и ограниченно обводненных (непроточной водой) скважин. Может использоваться в обводненных скважинах с непроточной водой с учетом времени пребывания граммонита в этих условиях, не более 24 часов. Рекомендуется к применению в на взрывных работах для породах средней и высокой крепости. Эффективность применения граммонита близка к эффективности гранулолита, а в обводнённых условиях даже выше на 10-15 % за счёт растворения селитры и увеличения плотности заряда. Наличие в составе аммиачной селитры заметно снижает образование окиси углерода и токсичность продуктов взрыва.

Взрывчатые характеристики:

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Скорость детонации, км/с | 3,6-4,2 (в безводном состоянии) |
|--------------------------|---------------------------------|

| | |
|---|-------------|
| Теплота взрыва, кДж/кг | 3684 - 3768 |
| Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг | 810 |
| Критический диаметр открытого заряда без воды, мм | 40-50 |
| Плотность насыпная, г/см ³ | 0,85-0,90 |
| Кислородный баланс, % | минус 27,15 |
| Бризантность в стальной оболочке от тротиловой шашки массой 5 г, мм | 24-27 |
| Температура взрыва, °С | 3000 |
| Тротильный эквивалент по теплоте взрыва | 0,9 |

Технические характеристики:

| | |
|--|--------------------------------|
| Массовая доля аммиачной селитры, % | 50 ⁺⁴ ₋₆ |
| Массовая доля тротила, % | 50 ⁺⁶ ₋₄ |
| Массовая доля влаги и летучих веществ, % | не более 0,7 |

Поскольку практически все частицы алюминия находятся в тротильной оболочке, основные химические свойства алюмотола определяются свойствами тротила. В сухом виде химически устойчив, в кислой среде устойчивость снижается незначительно, а в щелочной - заметное снижение. В щелочной среде гранулы и раствор окрашиваются в тёмно-красный цвет. Под воздействием ультрафиолетового излучения гранулы буреют. Алюмотол рекомендовано применять только в обводнённых скважинах, потому что эффективность в сухом виде значительно ниже, а выделение токсичных продуктов взрыва велико. В насыпном состоянии чувствительность к ЭД (ЭД) недостаточна, в водонаполненном состоянии ещё меньше. Чувствительность измельчённого алюмотола к удару 24-48 %. Минимальная масса промежуточного тротильного детонатора 5-10 г для сухого алюмотола и 25-30 г для водонаполненного.

4.5 Порошкообразные тротилсодержащие ВВ

Аммонит 6ЖВ предназначен для проведения взрывных работ на открытых поверхностях, в подземных условиях рудников и шахт, не опасных по газу и пыли, при ручном и механизированном способе заряжания сухих и мокрых (обезвоженных) скважин и шпуров. Относится к ВВ II класса по условиям применения и инициируется от электродетонатора, капсюля-детонатора, детонирующего шнура. Выпускается в виде смеси водоустойчивой аммиачной селитры и тротила в патронированном виде - в виде патронов диаметром 32 мм и 36мм, длиной 208-265 мм, массой 200 г. Патроны из Аммонита 6ЖВ поставляются в ящиках из гофрокартона. Вес ящика с патронами 24 кг. Поставка осуществляется ж/д и автомобильным транспортом. Аммонал скальный № 1- взрывчатое вещество (ВВ) II класса, применяется для ведения взрывных работ по крепким и трудновзрываемым породам в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли, в забоях любой степени обводненности во всех климатических зонах. Представляет собой прессованные шашки диаметром 36мм и 45мм, патронированные в бумажные гильзы. Патроны покрыты по всей поверхности влагоизолирующим слоем парафинопетролатумной смеси. Патрон-боевик имеет гнездо под ЭД (КД) диаметром 8мм и глубиной 73мм. Инициирование - от электродетонатора (капсюля-детонатора).

Детонит М - малопылящее, жирное на ощупь порошкообразное ВВ, изготавливаемое на труднозамерзающей смеси нитроэфиров. Детонит М имеет повышенную чувствительность к механическим и тепловым воздействиям и требует более осторожного обращения, чем аммониты. Выпускается в патронах диаметром 31-32 и 36-37 мм, не слеживается. Обладает высокой водоустойчивостью и детонационной способностью. Устойчиво детонирует в зарядах малого диаметра и предназначен для трудновзрываемых весьма крепких пород в обводненных проходческих и очистных забоях на подземных горных работах при взрывании шпуровыми зарядами, в том числе патронами малого диаметра (28 мм). Может храниться и применяться во всех климатических условиях. Детонит М выпускается в патронах, покрытых смесью из парафина и петролатума. Патроны по 10 штук упаковываются в пакет из полиэтиленовой пленки. Пакеты упаковываются в коробки из гофрированного картона. Хранится Детонит М в закрытых складских помещениях. При хранении на перевалочно-перегрузочных пунктах и при транспортировании на всем пути следования тара должна быть защищена от воздействия атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. При хранении и транспортировании при температуре ниже 0 °С Детонит М можно применять лишь после его оттаивания. Для этого его необходимо выдержать на расходных складах при плюсовой температуре в течение не менее двух суток при открытой крышке ящика. Допускается транспортировка всеми видами транспорта. Гарантийный срок хранения - 12 месяцев со дня изготовления.

4.6 Водосодержащие промышленные ВВ

Аквато́лы - гелеобразные промышленные ВВ, наиболее часто представляющие собой суспензию гранулированных тротила и аммиачной селитры в насыщенном водном растворе аммиачной селитры с различными добавками.

Общее отличие аквато́лов от других взрывчатых смесей в том, что они представляют собой суспензию твёрдых частиц взрывчатого вещества и окислителя в гелеобразной водной среде. Наименование «аквато́л» подразумевает, что в состав обязательно входит вода и тротил. В качестве окислителя наиболее часто используется аммиачная селитра. Окислитель находится одновременно как в виде твёрдых кристаллов, так и в растворённом в воде виде. Концентрация окислителя в воде является важным параметром, определяющим физические и взрывчатые свойства аквато́лов. Для повышения вязкости водной среды в целях улучшения эксплуатационных свойств составов в них вводят различные добавки-загустители. Наиболее часто применяются натриевая соль КМЦ, раствор полиакриламида, аммонийная соль КМЦ, золь кремниевой кислоты.

Промышленно применяемые аквато́лы по способу подготовки зарядов делятся на три группы:

- сухие смеси заводского изготовления, в которые на месте применения добавляется вода или раствор окислителя (аквато́лы марок 65/35С; М15; СВ). Буква «М» в обозначении означает наличие в составе металлических добавок.

- готовые водонаполненные смеси заводского изготовления (марки АВ; АВМ; МГ;). Буква «М» в обозначении означает наличие в составе металлических добавок.

- смеси, приготавливаемые на месте применения из отдельных компонентов или их смесей. В России по состоянию на 2006 год применяются только такие составы. Разнообразие способов подготовки и условий применения зарядов определяют достаточно широкие пределы варьирования составов. К применению допущены марки: Т-10ВИ; Т-10МС; Т-20; Т-20Г; Т-20ГК; Т-20ГМ; Т-20М; Т-10НС и Т-15НС

Цифра в марке обозначает среднее содержание гранулированного тротила, буквенные обозначения после цифры:

- Г- горячельющееся (температура приготовления и заряжания 95-105 °С)
- К - с использованием золя кремниевой кислоты
- М - добавка карбамида (мочевины) для понижения кислотности состава
- С - добавка минерального масла в качестве горючего
- Н - добавка поверхностно-активных веществ, изменяющих свойства границы раздела твёрдой и жидкой фаз.

Ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80 водосодержащие промышленные ВВ, представляющие собой суспензию грануло́тола и гранулированной аммиачной

селитры (иногда в сочетании с металлическим порошком или другим горючим) в её насыщенном водном растворе.. Ифзаниты всех марок не чувствительны к первичным средствам инициирования и мало чувствительны к механическим воздействиям. Необходим промежуточный детонатор. Ифзаниты применяются при открытой разработке для дробления пород различной крепости. Для изготовления ифзанитов на горных предприятиях используются механизированные комплексы. Заряжание сухих и осушенных скважин ведут раздельной загрузкой твёрдых компонентов и незагущённого горячего раствора ифзанита, взятых в соотношении, при котором обеспечиваются физическая стабильность зарядов. При заряжании скважин, обводнённых непроточной водой, загущённый и структурированный в смесительно-зарядной машине ифзанит выдавливают в устье скважины или закачивают насосом под столб воды. Загущённые и структурированные заряды способны сохраняться в непроточной воде несколько суток без существенного снижения своих свойств. Цифра в марке означает температуру готового ифзанита. По составу они практически одинаковы: гранулированная селитра, концентрированный раствор селитры и гранулированный или чешуйчатый тротил. Главный недостаток - отсутствие контроля качества ВВ, подаваемого или образуемого в скважине.

Карбатолы (ГЛ-10В, ГЛ-15Т) - горячельющиеся взрывчатые вещества, отвердевающие после охлаждения в скважинах. Изготавливаются на низкоплавкой (почти безводной) смеси карбамида и селитры и смешиваются с гранулотолом при заряжании в скважину. Полученная суспензия до момента твердения не расслаивается, т.к. плотность расплава равна плотности гранул тротила. Для повышения энергии взрыва в карбатолы дополнительно вводится порошок алюминия. Применение карбатолов для дробления крепких пород на 20-30% экономичнее и эффективнее применения гранулотола или алюмотола.

4.7 Эмульсионные промышленные ВВ

Рынок промышленных ВВ переживает процесс перехода на передовые технологии. Спрос на тротилсодержащие ВВ стремительно падает на фоне роста рынка эмульсионных ВВ. Мощности по производству ЭВВ ежегодно увеличиваются. Эмульсионные ВВ превосходят тротилсодержащие по таким основным характеристикам, как безопасность, экологичность и стоимость. Тротил запрещен к использованию в промышленных целях в большинстве стран мира. Однако, в странах СНГ уровень потребления тротилловых ВВ остается еще довольно высок. Однако, учитывая тенденцию сокращения объемов потребления тротилсодержащих ВВ, сложившуюся в последние годы, можно прогнозировать, что их доля постепенно сократится до 8-10%. Предприятия стремятся выпускать ВВ эмульсионные ВВ вблизи мест применения. В настоящее время около 70% потребляемых ВВ производится и потребляется на местах применения.

Эмульсионные

Нитрониты - промышленные ВВ предназначены для ведения взрывных работ на земной поверхности при отбойке горных, в том числе серосодержащих, пород с коэффициентом крепости до 20 по шкале М. М. Протодяконова. Нитронит марки Э-20 применяется для заряжания сухих и осушенных скважин; нитронит марки Э-50 – для заряжания слабо обводненных скважин (высота столба воды не более 1 м) и нитрониты марок Э-70 и Э-100 – для заряжания обводненных скважин любой степени обводненности. Изготовление нитронитов производится в смесительно-зарядной машине на месте применения при заряжании сухих или обводненных скважин с рН среды от 4,0 до 9,0 при температуре окружающей среды от минус 40 °С до плюс 40 °С с соблюдением требований «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Гранэмиты - (Гранэмит И-30, Гранэмит И-30А, Гранэмит И-50А, Гранэмит ОМ) – промышленные взрывчатые вещества, представляющие собой смесь гранулированной аммиачной селитры или АС-ДТ с матричной эмульсией. Изготавливаются на местах применения в процессе заряжания с использованием специальных смесительно-зарядных машин. Предназначены для механизированного заряжания на карьерах сухих и обводненных скважин в породах средней крепости .

Сибириты - эмульсионные промышленные взрывчатые вещества предусматривают возможность использования при производстве ЭВВ как отечественных, так и импортных сырья и материалов. Абсолютно водостойчивы и химически совместимы с горными породами. Обладают низкой чувствительностью к механическим воздействиям, что позволяет полностью механизировать процессы их производства и заряжания. Минимальный уровень воздействия на окружающую среду и здоровье человека при их изготовлении и применении. Вариации рецептуры и структурного состава сибиритов позволяют использовать их в вязких, высокопрочных, трещиноватых и слоистых горных массивах. ЭВВ Сибириты сертифицированы для применения в странах Евросоюза.

4.8 Предохранительные взрывчатые вещества

Предохранительные взрывчатые вещества – специальные ВВ, обладающие пониженной способностью воспламенять горючие газы и пыль, содержащиеся в подземных выработках. Предохранительные свойства взрывчатых веществ обеспечиваются химическим составом. Современные предохранительные взрывчатые вещества разделяются на взрывчатые вещества:

- классического типа - Аммонит АП-5ЖВ Аммонит ПМС-1Т Аммонит ПЖВ-20 Аммонит Т-19 в которые для снижения энергетических характеристик введены невзрывчатые соли-пламегасители (хлористый натрий или хлористый калий). Разновидностью взрывчатых веществ этого типа являются патроны в предохранительных оболочках, в которых часть пламегасителей размещена в цилиндрической оболочке на патронах взрывчатых веществ.

Соли-пламегасители в предохранительных взрывчатых веществах поглощают часть тепла, выделяющегося при взрыве, снижая температуру газообразных продуктов взрыва и каталитически подавляют реакцию окисления горючих газов, приводящую к подземному газовому взрыву.

- селективно-детонирующие: ионит, угленит П12ЦБ-2М, угленит 13П, угленит 13П/1. Селективно-детонирующие взрывчатые вещества состоят из смеси двух, реже нескольких компонентов с малой реакционной способностью и небольшого количества мощного бризантного взрывчатого вещества-сенсibilизатора, обычно нитроглицерина (до 10%), придающего смеси способность к детонации. Взрывчатые вещества данного типа полностью разлагаются с максимальным выделением тепла только при взрыве в замкнутом объёме (например, в шпуре с внутренней забойкой) Ингибиторы в этих взрывчатых веществах образуются в процессе самого взрыва, например в виде твёрдых частиц хлористого натрия как продукта взаимодействия натриевой селитры и хлористого аммония. Предохранительные взрывчатые вещества применяют в угольных, сланцевых, серных и других шахтах, в атмосфере которых выделяются горючие газы или пыль, способные с воздухом образовывать взрывоопасные смеси.

4.9 Условия применения ВВ

Разрешается применять только те взрывчатые материалы (взрывчатые вещества, средства инициирования, прострелочные и взрывные аппараты), средства механизации взрывных работ, оборудование, используемое непосредственно при изготовлении простейших гранулированных и водосодержащих ВВ на предприятиях-потребителях, а также взрывные и контрольно-измерительные приборы, устройства и аппаратуру взрывных работ, упаковку для ВМ, на которые имеются стандарты (технические условия) и разрешения Госгортехнадзора. Перечисленные материалы, оборудование и т.п., не отвечающие требованиям указанных документов, использовать запрещается.

Допуск к испытаниям и применению материалов, оборудования, приборов и аппаратуры, должен проводиться в соответствии с Инструкцией о порядке допуска к применению новых взрывчатых материалов, машин, устройств и приборов для взрывных работ .

Список ВМ, допущенных к применению, должен периодически публиковаться Госгортехнадзором.

Все ВМ должны подвергаться испытаниям в целях определения пригодности для хранения и применения при поступлении потребителям с заводов-изготовителей или складов ВМ других предприятий, при возникновении сомнений в доброкачественности (по внешнему осмотру или при неудовлетворительных результатах взрывных работ - неполные взрывы, отказы), в конце гарантийного срока. Испытания должны проводиться согласно требованиям стандартов, технических условий (инструкций, руководств по применению) на соответствующие ВМ.

Запрещается применять ВМ с истекшим гарантийным сроком без пред-

варительных испытаний. На угольных и сланцевых шахтах не допускается применение нитроэфирсодержащих ВВ с истекшим гарантийным сроком и патронированные ВВ с нарушенной оболочкой.

Содержащие гексоген или жидкие нитроэфиры слежавшиеся порошкообразные ВВ должны использоваться без размятия или измельчения и только при взрывных работах на земной поверхности.

Область применения ВВ, прошедших сушку или измельчение, должна определяться инструкциями (руководствами) по их применению.

Промышленные ВВ по условиям применения разделяются на классы, указанные в табл. 2. Условия применения ВВ должны соответствовать указанным в ЕДИНЫХ ПРАВИЛАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ и могут уточняться разрешениями Госгортехнадзора. Они подлежат указанию в эксплуатационной документации.

5. СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВА ВВ

5.1 Классификация средств и способов инициирования (взрывания)

Взрывание - процесс детонирования зарядов ВВ в заданной последовательности и в определенный промежуток времени, осуществляемый средствами инициирования, передающими импульс заряду ВВ и тем самым возбуждающими его детонацию. По виду применяемых средств инициирования различают следующие способы взрывания:

- огневой;
- электроогневой;
- электрический;
- с помощью детонирующего шнура;
- неэлектрической системы инициирования.

Способы взрывания по виду применяемых средств инициирования (способ взрывания определяют видом средств взрывания, который непосредственно вызывает детонацию ВВ):

- огневой способ взрывания зарядов ВВ с помощью:
 1. огнепроводного шнура(ОШ);
 2. капсуля-детонатора (КД);
 3. средств поджигания (зажигательная трубка, зажигательный тлеющий фитиль, зажигательный патрон, контрольная трубка, спички).
- электроогневой способ взрывание зарядов ВВ с помощью средств инициирования огневого и электрического способов (электрозажигательный патрон ЭЗП-Б).
- электрический способ взрывание зарядов ВВ с помощью:
 1. электродетонаторов (ЭД):
 2. проводов;
 3. источников тока;
 4. контрольно-измерительных приборов.
- взрывание с помощью детонирующего шнура:

1. детонирующего шнура
2. пиротехнических замедлителей
3. средств инициирования (СИ) огневого и электрического способа, инициирующих ДШ (КД и ОШ, ЭД)
 - неэлектрические системы взрывания с помощью:
 1. на основе ударно-волновой трубки (УВТ) с содержанием взрывчатого материала – 20 мг а погонном метре (УВТ, детонатора с замедлением (до 36 ступеней замедления), элементов соединения и инициирования процесса в УВТ

5.2 Огневое и электроогневое инициирование зарядов взрывчатых веществ.

Огневой способ инициирования зарядов разрешается применять только в тех случаях, когда он не может быть заменен электрическим. Для выполнения огневого инициирования зарядов необходимо:

- нарезать огнепроводный шнур на отрезки заданной длины;
- изготовить зажигательные и контрольные трубки в здании подготовки изготовить патроны-боевики;
- доставить ВМ к месту взрыва;
- перед началом заряжания выставить посты охраны в соответствии с паспортом буровзрывных работ, подать предупредительный сигнал;
- произвести заряжание и забойку шпуров или скважин в соответствии с паспортом;
- подать боевой сигнал, зажечь контрольную трубку и отрезки ОШ зажигательных трубок, идущих к зарядам, и уйти в безопасное место, указанное в паспорте буровзрывных работ;
- вести счет взрываемых зарядов;
- осмотреть забой не ранее чем через 15 мин после последнего взрыва.

При отсутствии отказов дать сигнал отбоя и допустить рабочих к работам в зоне взрыва.

Капсюль-детонатор (рис.21) предназначен для возбуждения детонации зарядов ВВ при температуре от -60 °С до +45 °С.

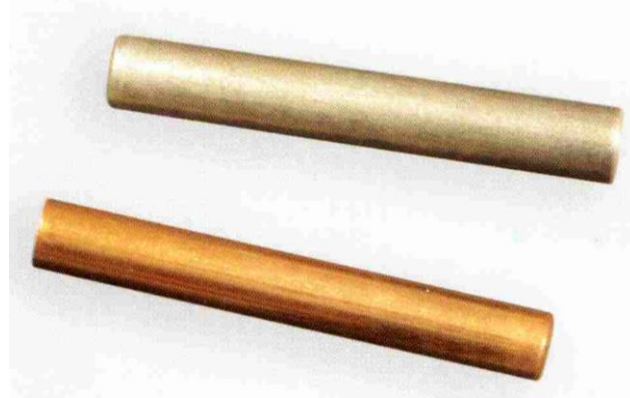
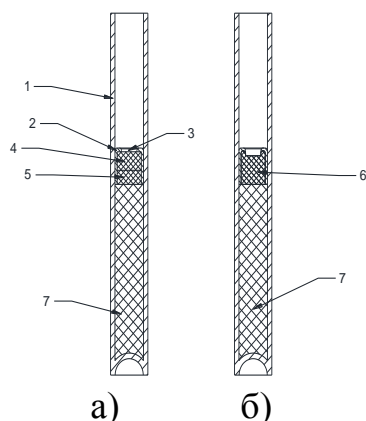


Рисунок 21 - Капсюли-детонаторы:

- а - №8-А; №8-М; 1 – гильза; 2 – чашечка; 3 – сетка; 4 – тенерес;
5 – азид свинца; 6 – гремучая ртуть; 7 – тетрил (тэн или гексоген)

Характеристики капсюль-детонаторов

| Наименование капсюлей-детонаторов | Материал гильзы | Наименование составных частей заряда | Вес ВВ, г | Диаметр гильзы, мм | | Длина гильзы, мм | Расстояние от открытого конца гильзы до поверхности чашечки, мм |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------|--------------------|------------|------------------|---|
| | | | | Наружный | Внутренний | | |
| № 8-А | Алюминий | Тенерес | 0,10 | 6,8 – 7,05 | 6,3 – 6,5 | 45,5 – 48,5 | 17,0 - 23 |
| | | Азид свинца | 0,20 | | | | |
| | | Тетрил, тэн или гексоген | 1,02 | | | | |
| № 8-М | Медь | Гремучая ртуть | 0,50 | 6,8 – 7,05 | 6,3 – 6,5 | 47,0 – 51,0 | 17,0 - 23 |
| № 8-С | Сталь | Тетрил, тэн или гексоген | 1,02 | 7,0 – 7,2 | 6,3 – 6,5 | 47,0 – 51,0 | 17,0 - 23 |
| № 8-Б | Бумага | То же | | 7,35 – 7,65 | 6,3 – 6,5 | 47,0 – 51,0 | |

КД представляет собой цилиндрическую гильзу, в которую с одной стороны запрессованы вторичное и первичное инициирующие ВВ, а другая сторона служит для размещения отрезка огнепроводного шнура(ОШ). ОШ (рис. 22) выпускают трех марок: ОША-огнепроводный шнур асфальтированный для сухих забоев; ОШДА - огнепроводный шнур асфальтированный для взрывания в сырых условиях; ОШП - огнепроводный шнур пластикатный для обводненных забоев.

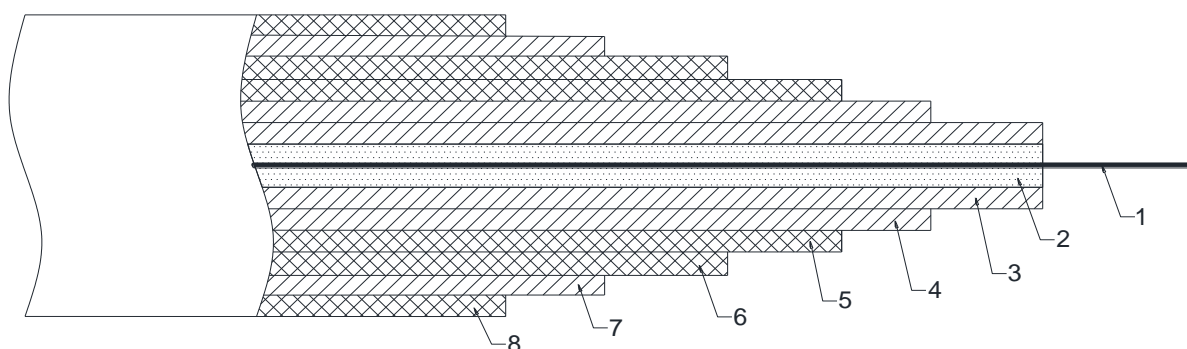


Рисунок 22 - Огнепроводный шнур марки ОША:

1-центральная направляющая нить; 2-шнуровой порох; 3,4 и 7-первая, вторая и третья оплетки; 5,6 и 8-водоизолирующее покрытие.

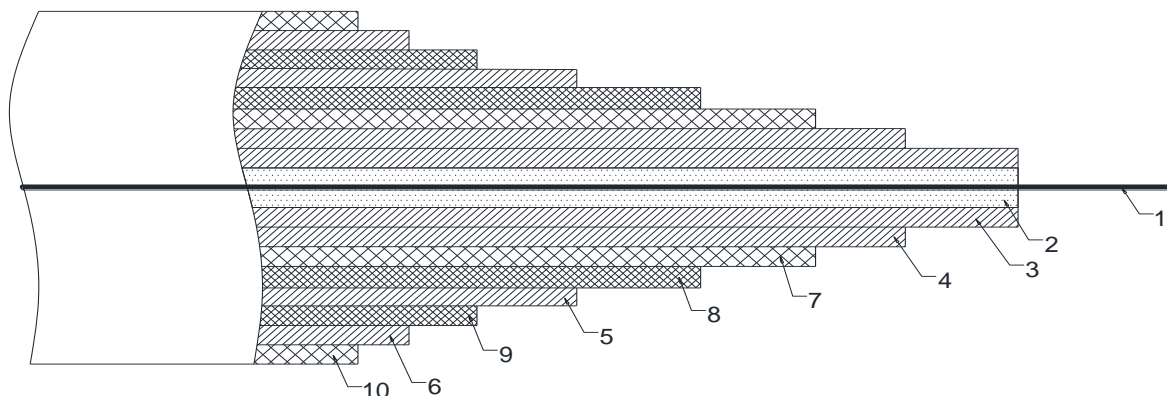


Рисунок 23 - Огнепроводный шнур марки ОШДА:
 1-центральная нить; 2-шнуровой порошок; 3-6-обмотки(3-первая,4-вторая,5-третья,6-четвертая); 7-10-водоизолирующее покрытие.

Для зажигания огнепроводного шнура предназначены зажигательные патроны бумажные (ЗПБ) - для одновременного поджигания от 6 до 37 отрезков ОШ, размещенных в гильзе (табл. 19)

Таблица 19

Характеристика зажигательных патронов

| Условное обозначение | Количество помещаемых отрезков огнепроводного шнура, шт. |
|----------------------|--|
| ЗП-Б-1 | до 7 |
| ЗП-Б-2 | 8...12 |
| ЗП-Б-3 | 13...19 |
| ЗП-Б-4 | 20...27 |
| ЗП-Б-5 | 28...37 |

На взрывных работах для поджигания ОШ также используется фитиль зажигательный тлеющий. Выпускается две марки фитиля ФЗТ-1 и ФЗТ-2, различающиеся числом нитей в сердцевине и оплетке. ФЗТ-2 окрашивается в желтый цвет.

Зажигательная трубка представляет собой КД с закрепленным в дульце отрезком ОШ (рис 24 и 25). Для изготовления зажигательных трубок применяют отрезки ОШ не короче 1 м и не длиннее 10 м. При длине шнуров зажигательных трубок 4 м и более обязательно применение для повышения надежности дублирующих трубок. Длина зажигательных трубок для выполнения одного взрыва должна быть одинаковой и выбирается такой, чтобы концы огнепроводных шнуров выступали из шнура не менее чем на 25 см. Один торец ОШ делают прямым (для введения в капсуль-детонатор), а дру-

гой - прямым или косым (для удобства зажигания). Закрепление ОШ в капсуле-детонаторе согласно Единым правилам безопасности при взрывных работах разрешается для бумажных гильз затягиванием ниткой или шпагатом дульца вокруг ОШ. Разрешается также обматывать конец ОШ прорезиненной или бумажной лентой, а также ниткой до размеров внутреннего диаметра КД, а затем вводить его без вращения до упора в дульце КД. При металлических гильзах дульце обжимается специальным обжимом вокруг ОШ.

Перед соединением с ОШ внутреннюю часть каждого капсуля-детонатора осматривают на предмет отсутствия в ней каких-либо частиц. Если внутри детонатора обнаружены какие-то частицы, их удаляют путем постукивания краем дульца о ноготь.

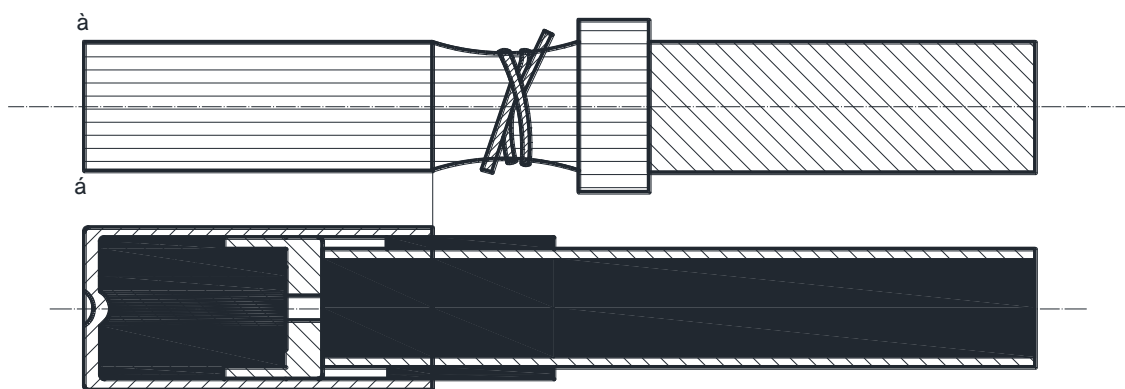


Рисунок 24 - Способы соединения капсуля-детонатора в бумажной гильзе с ОШ

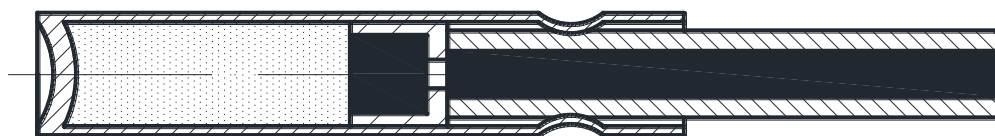


Рисунок 25 - Способы соединения капсуля-детонатора в металлической гильзе с ОШ

Для обеспечения надежности взрыва всего заряда при любом способе инициирования применяются патроны-боевики. Патрон-боевик при огневом инициировании представляет собой обычный патрон ВВ, в который вставлен капсуль-детонатор зажигательной трубки. Патрон-боевик взрывается от капсуля-детонатора зажигательной трубки и вызывает детонацию всего заряда ВВ в шпуре или скважине. Изготавливаются патроны-боевики взрывниками на месте производства взрывных работ, на расстоянии 50 м от места заряжания. При порошкообразных россыпных ВВ патроны-боевики изготавливают, завертывая в прочную бумагу определенное количество ВВ.

После заряжания ВВ и помещения в заряд патронов-боевиков свободную часть зарядной камеры заполняют забоечным материалом. В качестве забойки для шпуров лучше всего применять мелкую песчано-глинистую

смесь или песок. Первые порции забойки вводят с повышенной осторожностью, чтобы не производить ударов по боевику заряда. Следующие порции забойки вводят с уплотнением (при необходимости), но так, чтобы не повредить огнепроводные шнуры, идущие от зарядов.

При ведении взрывных работ на карьерах и зажигании более пяти зажигательных трубок для контроля времени, затрачиваемого на зажигание, должна применяться контрольная трубка, изготовленная из капсуля-детонатора с бумажной гильзой. Огнепроводный шнур контрольной трубки должен быть на 0,6 м короче шнуров в зажигательных трубках патронов-боевиков и зажигается первым. Контрольная трубка должна иметь отличительный признак (перевязка тесьмой и т. п.). Взрывник кладет ее в стороне на расстоянии 5 м от пути своего движения и начинает поджигание остальных шнуров.

После взрыва контрольной трубки или сгорания отрезка шнура «затравки» взрывники должны прекратить дальнейшие работы и немедленно уйти в безопасное место. При обнаружении отказа взрывник должен немедленно выставить отличительный знак у невзорвавшегося заряда, уведомить об этом руководителя взрывных работ.

Недостатки огневого инициирования:

- повышенная опасность, так как взрывник находится в момент поджигания у зарядов;
- невозможность получения точных интервалов между взрывами;
- невозможность контроля исправности СИ.

Электроогневое взрывание безопаснее огневого, так как позволяет взрывать больше зарядов и может применяться в любых условиях ведения взрывных работ. Электрическое поджигание из безопасного места (с любого расстояния) отрезков огнепроводных шнуров а также для задействования патронов зажигательных бумажных ЗП-Б в сухих местах при температуре окружающей среды от -40 до +50 °С осуществляется с помощью электрозажигателя огнепроводного шнура ЭЗ-ОШ. В зависимости от конструкции воспламенителя электрозажигатели изготавливают следующих марок:

ЭЗ-ОШ-Б - с жестким креплением мостика накаливания в бумажной гильзе

ЭЗ-ОШ-М - с жестким креплением мостика накаливания и в металлической гильзе

ЭЗ-ОШ-К - с эластичным и жестким креплением мостика накаливания.

Такой способ инициирования по своей эффективности и безопасности соответствует электрическому инициированию.

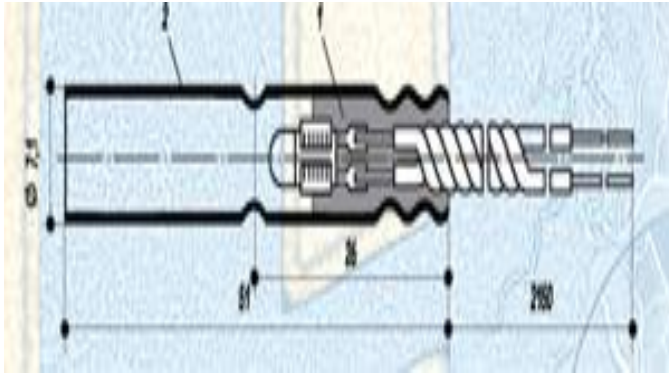


Рисунок 26 - 5.2 ЭЗ-ОШ-М

5.3 Электрический способ инициирования. Расчет электровзрывных сетей.

Электрическое взрывание - способ взрывания с помощью электрических средств инициирования, включённых в электровзрывную сеть. При электрическом взрывании заряды ВВ инициируются электродетонаторами (ЭД) (рис. 27) мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия.

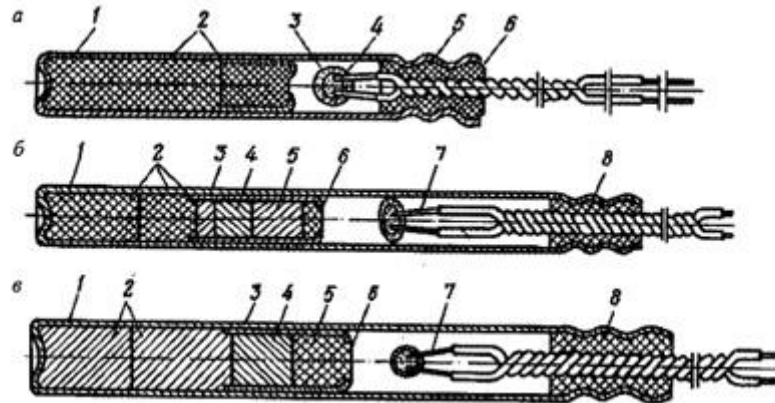


Рисунок 27 – Электродетонаторы:

а – мгновенного действия: 1 – гильза; 2 – заряд; 3 – двухслойная воспламенительная головка; 4 – электровоспламенитель; 5 – выводные провода;
 б – пластиковая пробка; б и в – замедленного и короткозамедленного действия: 1 – гильза; 2 – тетрил; 3 – колпачок; 4 – азид свинца; 5 – замедляющий состав; 6 – шелковая сетка; 7 – электровоспламенитель; 8 – пластиковая пробка



Рисунок 28 - Электродетонаторы ЭД-З-Н и ЭД-КЗ-ПКМ

Инициирование ЭД производится от силовой или осветительной сети постоянного или переменного тока с помощью взрывной станции или сетевого взрывного прибора, либо от автономного взрывного прибора или взрывной машинки (табл. 20).

Таблица 20

Взрывные приборы, устройства

| № п / п | Наименование прибора, исполнение | Номер свидетельства (разрешения), дата допуска | Масса, кг | Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---------|--|--|-----------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Машинка взрывная ВВМ-4. Общего назначения | Разрешение № 05-27/354 от 11.11.77 | 10 | 2 | Взрывание до 2 шт. высоковольтных электродетонаторов на земной поверхности |
| 2 | Машинка взрывная конденсаторная ВМК-500. Исполнение рудничное нормальное | Разрешение № 25-10/10 от 29.01.76 | 6,5 | 2100 | Взрывание до 800 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли |
| 3 | Взрывная станция ствольная ВСС-1. Исполнение рудничное нормальное. Степень защиты от внешних воздействий IP-11 | Разрешение № 11-22/390 от 03.11.92 | 80 | 1000 | Взрывание до 200 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности с поверхности при проходке шахтных стволов |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--|-----|---------------------|---|
| 4 | Взрывной прибор ВПА (30, 60, 120). Исполнение РВ (ИВ). Выходная электрическая цепь уровня Иа. Степень защиты от внешних воздействий IP-54 | Свидетельство № 606 В от 03.02.95, разрешение № 08-10/161 от 27.03.95 | 1,9 | 110 200 380 | Взрывание 30, 60, 120 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 5 | Взрывное устройство ЖЗ-2460 программируемое. Уровень и вид взрывозащиты РВ 1В, IP-54 | Разрешение № 20-40/446 от 28.11.91, свидетельство № 489-ЭВ-1 от 12.02.97 | 3,2 | 1000 | Взрывание электродетонаторов нормальной до 200 шт. и повышенной до 150 шт. чувствительности с автоматическим контролем сопротивления электровзрывной цепи на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 6 | Искробезопасный высокочастотный взрывной прибор ИВП-1/12. Исполнение рудничное взрывозащищенное | Свидетельство № 558 от 04.10.67 | 2,2 | 36 | Взрывание зарядов типа "Гидрокс" до 12 шт. в шахтах, опасных по газу или пыли |
| 7 | Комплект взрывной многоканальный КВМ-1. Степень защиты от внешних воздействий IP-54 | Разрешение № РРС 04-1227 от 11.02.00 | 4,5 | 170 (один канал) | Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности с обеспечением требуемых последовательности и интервалов замедления при специальных взрывных работах |
| 8 | Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М. Исполнение рудничное взрывозащищенное | Свидетельство № 36 от 02.10.61 | 2 | 320 | Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности до 100 шт. при последовательном соединении на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 9 | Конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200. | Разрешения № 542-ЭН от 29.05.97, | 2,8 | 100 | Взрывание электродетонаторов нормальной до 570 шт. и пониженной до 100 шт. чувствительности |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|-------------------------------------|-----|-----|---|
| | Исполнение рудничное нормальное | № 08-10/586 от 08.09.97 | | | на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли |
| 10 | Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3. Исполнение рудничное нормальное | Разрешение № 297/83 от 26.10.83 | 3 | 600 | Взрывание до 200 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли |
| 11 | Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М. Исполнение рудничное взрывозащищенное | Свидетельство № 514 от 18.10.66 | 2,7 | 320 | Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности до 100 шт. при последовательном соединении на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 12 | Машинка сейсмическая взрывная СВМ-2. Общего назначения | Разрешение № 14-11а от 30.01.64 | 5 | 500 | Взрывание до 50 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности при сейсморазведочных работах |
| 13 | Устройство пусковое ИВШП 773722.001 ТУ | Разрешение № РРС 04-536 от 05.08.99 | | | Возбуждение импульса в ударно-волновой трубке системы СИНВ-П |

Для контроля состояния ЭД и электровзрывной сети (провода) используются контрольно-измерительные приборы (табл. 21).

Таблица 21

Контрольно-измерительные приборы и устройства

| № п / п | Наименование прибора, исполнение | Номер свидетельства (разрешения), дата допуска | Масса, кг | Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---------|--|--|-----------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1. Исполнение | Свидетельство № 941 от 19.10.81 | 0,3 | 320 | Контроль сопротивления взрывных сетей на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|------------------------------------|-----|-------|--|
| | рудничное взрывозащищенное | | | | |
| 2 | Прибор контроля Копер-1. Степень защиты от внешних воздействий IP-20 | Разрешение № 08-10/324 от 16.06.95 | 3,5 | | Контроль параметров электрических средств взрывания (взрывных приборов) на предприятиях угольной промышленности |
| 3 | Мост типа P-353. Общего назначения | Разрешение № 04-27/411 от 28.05.79 | 1,3 | 5000 | Измерение сопротивления электровзрывных сетей и электродетонаторов на земной поверхности |
| 4 | Мост переносной постоянного тока P-3043. Исполнение рудничное взрывозащищенное | Свидетельство № 1255 от 20.02.87 | 1,6 | 3000 | Проверка сопротивления электродетонаторов перед выдачей взрывникам на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 5 | Измеритель сопротивления взрывной цепи ХН 2570. Исполнение рудничное взрывозащищенное | Свидетельство № 34 от 23.07.93 | 0,4 | 20000 | Измерение сопротивления взрывных сетей на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли |
| 6 | Индикатор фотозлектрический Ю-140. Общего назначения | Разрешение № 280/83 от 24.03.83 | 0,3 | 1000 | Проверка целостности электровзрывных сетей на земной поверхности |

Электрическое взрывание включает в себя следующие операции:

- проверку исправности ЭД и подбор их по сопротивлению;
- выбор схемы соединения электровзрывной сети;
- её расчёт;
- набор необходимого комплекта ЭД;
- изготовление патронов-боевиков; зарядание и забойку шпуров (скважин);
- монтаж электровзрывной сети;
- контроль исправности электровзрывной сети и соответствия её сопротивления расчётным данным;
- контроль исправности прибора взрывания и взрывание;
- осмотр места взрыва на предмет обнаружения отказавших зарядов.

Электрическое взрывание характеризуется:

- высокой безопасностью;

- возможностью инициирования большого числа зарядов как одновременно, так и в любой необходимой последовательности и практически с любым временем замедления;
- высокой надёжностью взрывания благодаря предварительной проверке исправности всей электровзрывной сети непосредственно перед подачей импульса тока;
- возможностью применения в шахтах, опасных по газу и пыли, а также в выработках любого направления, включая стволы.

Недостатки электрического взрывания:

- трудоёмкость монтажа электровзрывной сети и проверки её исправности;
- необходимость отключения электроэнергии в опасной зоне на период монтажа сети для предупреждения преждевременного инициирования электродетонаторов блуждающими токами.

В электровзрывных сетях применяют три типа соединений проводов: последовательное, параллельное и смешанное. При последовательном соединении провода соединяют так, чтобы электрический ток последовательно проходил через все электродетонаторы, включенные в сеть (рис. 29).

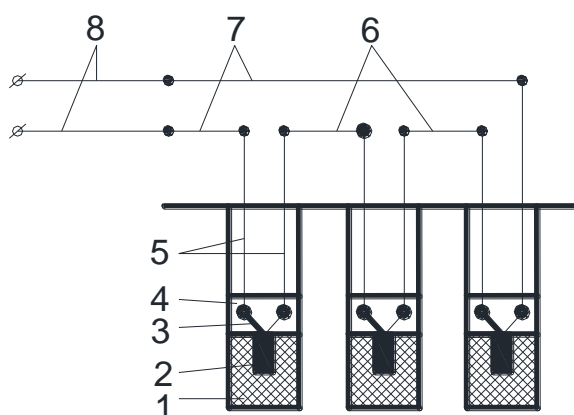


Рисунок 29 Схема последовательного соединения электровзрывной сети:
 1 – заряд ВВ; 2 – электродетонатор; 3 – концевик электродетонатора (выводной провод); 4 – забойка; 5 – концевые провода; 6 – участковые провода; 7 – соединительные провода; 8 – магистральные провода

Достоинством такой схемы является простота ее расчета, монтажа и контроля. Недостатки последовательной схемы сводятся к ограниченности числа одновременно взрывааемых электродетонаторов и возможности отказа цепи в случае неисправности хотя бы одного электродетонатора (или повышенной его чувствительности) или разрыва какого-либо провода в сети.

Общее сопротивление электровзрывной сети (Ом) при последовательном соединении определяется как сумма сопротивлений проводов - магистральных R_m , соединительных участковых R_y , концевых R_k и сопротивлений электродетонаторов R_d :

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{о}} + R_{\text{у}} + R_{\text{н}} + R_{\text{д}}n, \quad (8.6)$$

где n — общее число электродетонаторов, включенных в сеть.

Сила тока, проходящего через каждый электродетонатор при последовательном соединении:

$$I = \frac{U}{(R_{\text{общ}} + R_{\text{н}})}, \quad (8.7)$$

где U - напряжение на зажимах источника тока, В;

$R_{\text{н}}$ - внутреннее сопротивление источника тока, Ом.

Параллельное соединение применяют при взрывании большого числа электродетонаторов, расположенных в одном месте. При этом требуется мощный источник тока с таким расчетом, чтобы на каждый электродетонатор подавать ток силой в 1 А. Недостатком параллельного соединения является невозможность контроля за проводимостью всех электродетонаторов, сложность расчета электровзрывных сетей, большой расход проводов. В схемах параллельного соединения различают два их вида: пучковое и параллельно-ступенчатое.

Пучковое соединение - это соединение, когда все электродетонаторы присоединяют к магистральным проводам в двух точках, т. е. один концевой провод каждого электродетонатора присоединяют к одному магистральному проводу, а другой - к другому (рис. 30, а). Величина тока в сети $I_{\text{общ}}$ при этом равна сумме токов, проходящих по разветвлениям:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n, \quad (8.8)$$

где I_1, I_2, \dots, I_n — сила тока в отдельных ветвях, А.

Общее сопротивление сети $R_{\text{общ}}$ (Ом) при пучковом соединении рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{общ}} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n}, \quad (8.9)$$

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

Если сопротивление ветвей одинаково, то общее сопротивление:

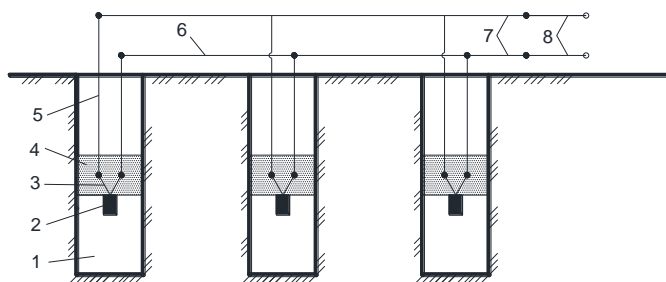
$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{в}}}{N}, \quad (8.10)$$

где $R_{\text{в}}$ — сопротивление отдельной ветви, Ом;

N — число параллельных ветвей.

При параллельно-ступенчатом соединении электродетонаторы присоединяются к магистрали в разных точках сети (рис. 30, б). Такое соединение применяют лишь в тех случаях, когда сопротивления участков проводов очень малы и сопротивления электродетонаторов одинаковы. Расчет таких сетей весьма сложен.

а)



б)

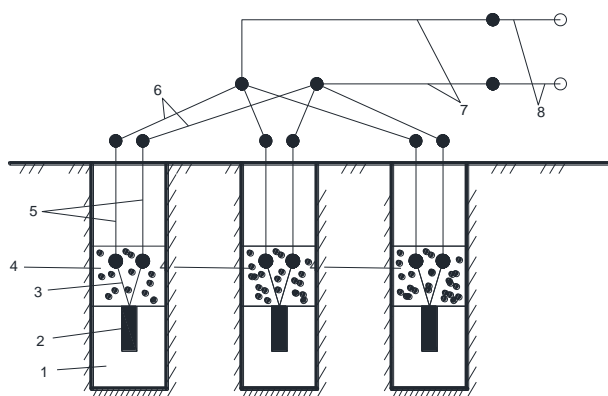


Рисунок 30 – Схемы параллельного соединения электровзрывной сети:
а – пучковое; б – параллельно-ступенчатое

Безопасность производства взрывных работ

Перед выдачей электродетонаторы должны быть проверены в помещении склада ВМ или на открытом воздухе под навесом в соответствии с инструкциями (правилами). При проверке электродетонатор должен помещаться в футерованную металлическую трубу, за щит или в специальное устройство, исключающее поражение людей в случае взрыва. Провода электродетонаторов после проверки их сопротивления должны быть замкнуты накоротко и в таком положении находиться до момента присоединения к взрывной сети. При выполнении этой операции на рабочем столе проверяющего должно быть не более 100 электродетонаторов.

Электровзрывные сети должны иметь исправную изоляцию, надежные электрические соединения. Концы проводов и жил кабелей должны быть тщательно зачищены, плотно соединены (срощены) и соединения (сростки) изолированы при помощи специальных зажимов или других средств. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной. Использование воды, земли, труб, рельсов, канатов и т.п. в качестве одного из проводников запрещается. До начала заряжания взрывник обязан осмотреть взрывную магистраль, соединительные провода, убедиться в исправности сети. Запрещается монтировать электровзрывную сеть в направлении от источника тока или включающего ток устройства к заряду. После монтажа и осмотра электровзрывной сети необходимо проверить ее проводимость. Постоянная взрывная магистраль

должна отставать от места взрыва не более чем на 100 м.

Перед взрыванием скважинных и камерных зарядов общее сопротивление всей электровзрывной сети должно быть подсчитано и затем измерено из безопасного места электроизмерительными приборами. В случае расхождения величин измеренного и расчетного сопротивлений более чем на 10% необходимо устранить неисправности, вызывающие отклонения от расчетного сопротивления электровзрывной сети. При невозможности измерить сопротивление электровзрывной сети допускается по разрешению лица технического надзора, руководящего проведением взрыва, ограничиться проверкой ее проводимости.

Подавать напряжение для взрывания необходимо из безопасного места. Взрывной прибор (устройство) должен иметь специальные клеммы для подсоединения магистральных проводов электровзрывной сети. Подсоединять магистральные провода к взрывному прибору (машинке) следует в месте укрытия взрывника. При проведении массового взрыва подавать напряжение можно только по команде его руководителя. Концы магистральных проводов электровзрывной сети также должны быть замкнуты в течение всего времени до присоединения их к клеммам прибора или устройства, подающего напряжение для взрывания.

Со всех электроустановок, кабелей, контактных и воздушных проводов и других источников электроэнергии (в том числе источников опасных электромагнитных излучений), действующих в зоне монтажа электровзрывной сети, напряжение должно быть снято с момента монтажа сети.

На земной поверхности в зону монтажа электровзрывной сети должна включаться поверхность, ограниченная контуром, на 50 м превышающим контур электровзрывной сети, независимо от высоты подвески проводников электрического тока. Запрещается проводить электрическое взрывание непосредственно от силовой или осветительной сети без предназначенных для этого устройств.

При взрывании с применением электродетонаторов выход взрывника из укрытия после взрыва разрешается не ранее чем через 5 мин и только после отсоединения электровзрывной сети от источника тока и замыкания ее накоротко.

Если при подаче напряжения взрыва не произошло, взрывник обязан отсоединить от прибора (источника тока) электровзрывную сеть, замкнуть накоротко ее концы, взять с собой ключ от прибора (ящика, в котором находится взрывное устройство) и только после этого выяснить причину отказа. Выходить из укрытия можно не ранее чем через 10 мин.

5.4 Инициирование с помощью детонирующего шнура

Взрывание с помощью детонирующего шнура отличается тем, что в патроне-боевике отсутствует детонатор, а инициирование заряда ВВ осуществляется взрывом детонирующего шнура (ДШ) и промежуточного детонатора. Применение детонирующих шнуров упрощает технологию взрывных

работ, обеспечивает возможность короткозамедленного взрывания, полноту детонации зарядов большой протяженности, гарантирует большую безопасность работ.

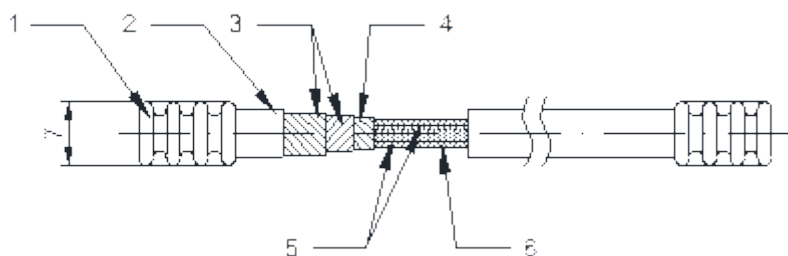


Рисунок 31 - Шнур детонирующий ДШ-В:

1 – колпачок; 2 – пластикат; 3 – пряжа хлопчатобумажная; 4 - пряжа льняная; 5 – ведущие нити; 6 – сердцевина.

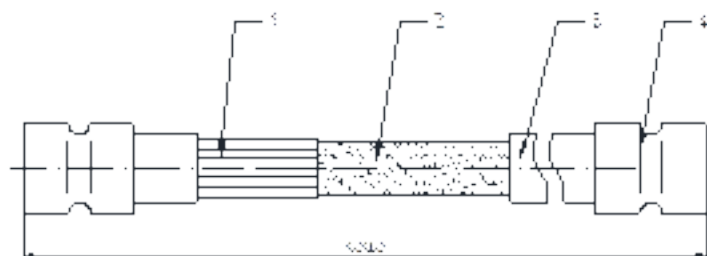


Рисунок 32 - Шнур детонирующий ДШЭ-6, ДШЭ-9, ДШЭ-12

1 – продольные нити; 2 – сердцевина; 3 – оболочка; 4 – колпачок.

Для взрывания с помощью ДШ необходимо:

- разрезать ДШ на отрезки для изготовления патрона-боевика;
- изготовить патроны – боевики;
- подать предупредительный сигнал;
- произвести зарядание и забойку зарядов,
- произвести монтаж взрывной сети;
- подсоединить к магистрали капсюля - детонаторы или электродетонаторы и произвести взрыв;
- после взрыва осмотреть взорванный забой;
- подать сигнал отбоя.

При взрывании скважинных, котловых или камерных зарядов патрон - боевик изготавливают из нескольких патронов порошкообразных ВВ или специальных шашек обвязыванием их ДШ. Промежуточные детонаторы пентолитовые изготавливаются методом литья состава тротил-тэн в полиэтиленовый корпус. Представляют собой шашки цилиндрической формы с глухим каналом глубиной 100 мм и диаметром 8,5 мм под капсюль-детонатор и сквозным каналом диаметром 14,5-16,0 мм, обеспечивающим пропуск четы-

рех нитей детонирующего шнура или обратный пропуск токоведущих проводов, либо волновода капсулей детонатора в зависимости от применяемого способа взрывания.

Литые тротило-тэновые шашки ПДП-300, ПДП-400 и ПДП-600, предназначенные для использования в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных взрывчатых веществ. Шашки могут инициироваться от неэлектрических систем взрывания, детонирующего шнура, капсуля-детонатора типа КД-8 или электродетонатора типа ЭД-8 и других при проведении взрывных работ на земной поверхности в сухих и обводненных скважинах, в том числе с проточной водой. Изготавливаются методом литья состава тротил-тэн в полиэтиленовый корпус. Представляют собой шашки цилиндрической формы с глухим каналом глубиной 100 мм и диаметром 8,5 мм под капсуль-детонатор и сквозным каналом диаметром 14,5-16,0 мм, обеспечивающим пропуск четырех нитей детонирующего шнура или обратный пропуск токоведущих проводов, либо волновода капсулей детонатора в зависимости от применяемого способа взрывания. Шашки-детонаторы Т-400 Г прессованные, тротиловые, гидроизолированные с центральным каналом под четыре нитки детонирующего шнура применяются в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных взрывчатых веществ, а также в качестве взрывчатого вещества в соответствующих условиях на открытых работах. Применяются для взрывания в скважинах любой обводненности, в т.ч. и с проточной водой.

Промежуточные детонаторы изготавливают непосредственно у места ведения взрывных работ. Короткозамедленное взрывание с использованием ДШ производят с помощью специальных пиротехнических реле РП-8, КЗДШ-69, РП-92-0, размещаемых в сети между зарядом и магистралью.

Отрезки ДШ между собой соединяют (рис. 33) внакладку и в накрутку на длине не менее 10 см. Можно также связывать отрезки ДШ морским узлом. Угол между ответвлением ДШ и магистралью по направлению детонации во избежание отказов не должен быть больше 90 град.

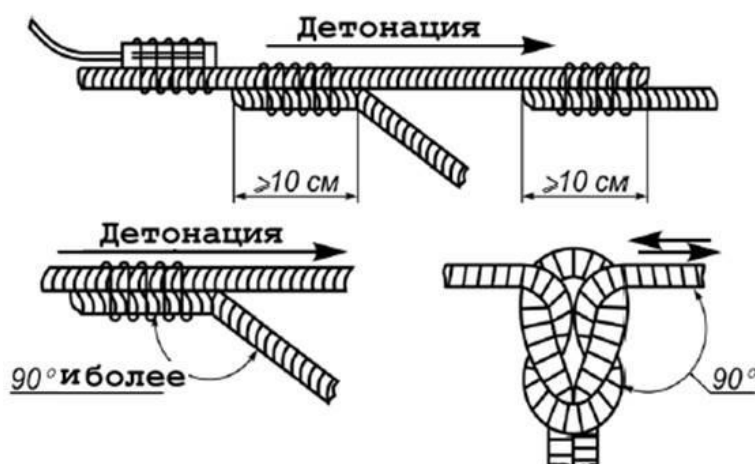


Рисунок 33 - Основные способы соединения ДШ при монтаже взрывной сети

Сеть из ДШ при взрывах большой мощности инициируют не менее чем 2 - мя ЭД или зажигательными трубками. При взрывании на карьерах взрывную сеть детонирующего шнура обычно дублируют. Выпускаемые ДШ различаются по мощности (масса ВВ в 1 м шнура), морозо- и водостойкости. Некоторые марки шнуров:

ДША – ТЭНовый, нормальной мощности и малой водостойкости в оплетке из натуральной пряжи;

ДШВ – ТЭНовый, нормальной мощности и повышенной водостойкости в оболочке пластифицированного поливинилхлорида;

ДШЭ-12 - ТЭНовый, нормальной мощности, высокой водостойкости в полиэтиленовой оболочке (экструзионный);

ДШЭ-12Г - гексогеновый, повышенной мощности и водостойкости в полиэтиленовой оболочке (экструзионный).

Достоинства взрывания с помощью ДШ:

- уменьшение опасности выполнения работ по заряданию,
- уменьшение опасности работ по ликвидации отказов,
- простота выполнения работ по взрыванию.

Недостатки взрывания при помощи ДШ:

- невозможность контроля приборами исправности сети перед взрывом,
- высокая стоимость ДШ.

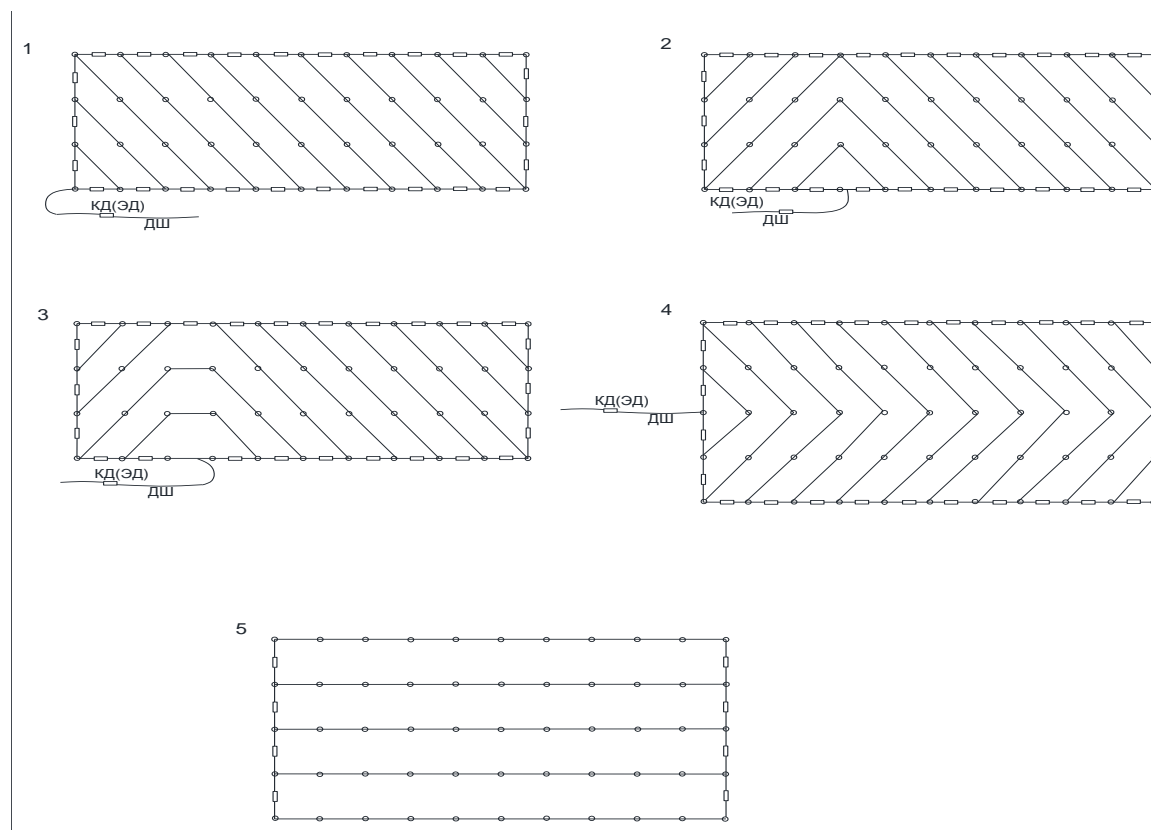


Рисунок 34 - Схемы взрывания с использованием ДШ

1. Диагональная

2. Диагональная с клиновым врубом
3. Диагональная с трапециевидным врубом
4. Клиновая
5. Порядная

5.5 Взрывание по радиосигналу

При иницировании скважинных зарядов ДШ существует вероятность отказов из-за возможных дефектов ДШ. Для уменьшения вероятности отказов взрывные магистрали монтируются в две нитки, что приводит к большим затратам для его монтажа. При неблагоприятных погодных условиях монтаж сети является достаточно сложной и трудоемкой операцией. В связи с этим технически и экономически оправданным является беспроводное управление взрыванием скважин по радиосигналу (табл. 23).

Таблица 23

Характеристика приборов для взрывания по радиосигналу

| № п / п | Наименование прибора, исполнение | Номер свидетельства (разрешения), дата допуска | Масса, кг | Максимальное сопротивление электро-взрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---------|---|--|-----------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | "Гром", "Гром-М". Исполнение общепромышленное | Разрешения № 335/85, 20.08.85, № 11-22/435 от 07.12.92 | 40 | 20 | Аппаратура дистанционного выполнения одиночных и массовых взрывов на земной поверхности по радиоканалам |
| 2 | "Гром-МП" | Разрешение № 08.10/978 от 29.11.00 | | | Аппаратура дистанционного выполнения взрывов на карьерах ОАО "Карельский окатыш" |
| 3 | "Друза", "Друза-М". Исполнение общепромышленное | Разрешения № 02-1-40/229 от 13.06.89, № 11-22/73 от 18.02.93 | 40 | 30 | Аппаратура дистанционного выполнения одиночных и массовых взрывов на земной поверхности по радиоканалам |
| 4 | Синхронизатор сейсмических возбуждений ССВ-1 | Разрешение № 04-27/133 от 20.12.76 | 150 | | Аппаратура дистанционного выполнения взрывов на земной поверхности по радиоканалам при сейсморазведочных работах |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--|--------------------------------------|---|---|--|
| 5 | Синхронизатор сейсмических возбуждений ССВ-2 | Разрешение № РРС 04-1503 от 24.04.00 | | | Управление и синхронизация взрывными и невзрывными (импульсными) источниками возбуждения сейсмических колебаний |
| 6 | Система синхронизации возбуждений взрывов SSS-300/301 (фирма INPUT/OUTPUT) | Разрешение № 10-25/278 от 01.07.96 | | | Аппаратура дистанционного выполнения взрывов на земной поверхности по радиоканалам при сейсморазведочных работах |

Устройства взрывания по радиосигналу позволяют производить взрывание нескольких отдельных блоков или групп блоков скважин в карьере с безопасного расстояния. Устройство «Гром» состоит из командного и исполнительного блоков. Командный блок совместно с приемопередатчиком радиостанции устанавливается за пределами опасной зоны на борту карьера и обеспечивает передачу кодированных команд для проверки радиоканала и взрывания. Блок может устанавливаться в помещении или в специально оборудованном автомобиле. Число исполнительных блоков, работающих с одним командным, не ограничивается. Исполнительный блок, оснащенный радиоприемником, устанавливается в карьере на расстоянии 100—150 м от взрываемого блока под защитным кожухом, предохраняющим от кусков породы, разлетающихся при взрыве. Исполнительный блок осуществляет прием передаваемых команд и их реализацию путем подрыва электродетонатора, подключенного к взрывной сети взрываемого блока. Устройство обеспечивает импульс тока воспламенения детонаторов не менее $3A^2$ -мс при максимальном сопротивлении последовательной взрывной сети 100 Ом. Замедление взрывания может регулироваться в диапазоне от 0 до 29,8 с с интервалом 0,2 с. Дальность управления при установке передающей штыревой антенны на высоте 3 м над поверхностью земли составляет 8 км в случае прямой видимости и 4—5 км при отсутствии прямой видимости.

5.6 Неэлектрические система инициирования

В последние десятилетия в практике взрывного дела появились новые средства инициирования – неэлектрическая система инициирования (табл. 24).

Характеристика оборудования

| Наименование | Номер, дата разрешения (журнального постановления) | Группа совместимости (класс ВВ) | ГОСТ (ТУ) | Условия применения (водоустойчивость), назначение | Изготовитель |
|--|--|---------------------------------|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Динашок (фирмы "Динамит Нобель", Германия) | № 08-10/487 от 01.08.97 | <i>B</i> | Стандарт SS 4990707 (Швеция) | На земной поверхности при температуре от -35 до +65 °С | Импорт |
| Нонель (фирмы "Дино Нобель", Швеция) | № 08-10/88 от 15.02.96, № 08-10/1130 от 22.11.01 | <i>B</i> | Стандарт SS 4990707 (Швеция) | На земной поверхности при температуре от -30 до +80 °С и в подземных выработках, не опасных по газу или пыли | Импорт |
| СИНВ, включает устройства СИНВ-П, СИНВ-С, СИНВ-Ш | № 04 - 35/339 от 15.08.97 № 04-35/481 от 28.07.98 № 08-10/751 от 01.11.99 № 08-10/752 от 09.08.01 | <i>D</i> | ДИШВ 773979.0 08 ТУ, ДИШВ 773979.0 07 ТУ, ДИШВ 773979.0 10 ТУ, с изменениями | На земной поверхности при температуре от -40 до +85 °С и в подземных выработках, где допускается применение непродохранительных ВВ II класса | ФГУП "НМЗ "Искра" |
| СИНВ-Старт | № 08-10/269 от 13.03.02 | <i>S</i> | ДИШВ 773979.0 12 ТУ | На земной поверхности при температуре от -40 до +50 °С и в подземных выработках, не опасных по газу или пыли | |
| Эдилин, включает детонаторы ДБИ 1, ДБИ 2, ДБИ 3 | № 08-10/404 от 27.05.99 № 08-10/953 от 10.10.01 | <i>D</i> | ТУ 7287-032-0751340 6-97, с изменениями | На земной поверхности при температуре от -50 до +85 °С и в подземных выработках, не опасных по газу или пыли | ФГУП "Муромский приборостроительный завод" |
| УНСИ (низкоэнергетическая) с зарядом ЗДЭ-300 | № 08-10/399 от 25.05.98 | <i>D</i> | ДИШВ 773979.0 05 ТУ | В ОАО "Каменногорское карьероуправление" | ФГУП НПП "Краснознаменец" |

Новые системы инициирования нашли широкое применение во взрывном деле на открытых горных работах и при подземной разработке полезных ископаемых. Это объясняется высокой безопасностью работ с ними, простотой монтажа взрывных сетей. Устройства имеют хороший эстетический вид, эргономичны в обращении. Для подземных рудников при переходе от использования боевиков с электродетонаторами на неэлектрические системы инициирования зарядов существенно уменьшилась трудоемкость монтажа взрывной сети, увеличилась надежность срабатывания. Полностью исключились отказы зарядов по причине утечек тока, нарушения изоляции электрических проводов при размещении боевика в скважине, магистральных и участковых проводов, проложенных по взрываемому блоку.

Достоинства неэлектрических систем инициирования зарядов:

- высокая управляемость схемой взрывания за счет индивидуального замедления каждого заряда и широкого диапазона времени замедления;
- исключается нарушение поверхностной взрывной сети за счет применения большого внутрискважинного замедления;
- отсутствие бокового ударного действия волновода на ВВ исключает переуплотнение ВВ и низкоскоростные детонационные процессы в зарядах;
- исключается передача инициирующего импульса во взрывную сеть и взрыв всего блока от преждевременной детонации заряда ВВ (например, при возгорании скважины);
- высокая безопасность к механическим воздействиям, так как в КД отсутствуют высокочувствительные первичные инициирующие ВВ и в волноводе размещено незначительное количество ВВ;
- высокая термостойкость, позволяющая взрывать заряды из горячельющихся взрывчатых веществ;
- повышенная мощность КД, обеспечивающая надежное инициирование шашек-детонаторов;
- низкий сейсмический эффект, обусловленный индивидуальным замедлением взрывания каждого заряда;
- низкая интенсивность воздушных ударных волн, обеспечиваемая незначительной массой взрывчатого материала в волноводе и одновременным срабатыванием зарядов ВВ;
- нечувствительность к электрическим воздействиям позволяет использовать пневматическое зарядание шпуров и скважин гранулированными взрывчатыми веществами.

Устройства СИНВ предназначены для инициирования скважинных и шпуровых зарядов, состоят из ударно-волновой трубки (УВТ) и капсуля-детонатора с замедлением, который не содержит инициирующих взрывчатых веществ (ВВ), что обеспечивает высокую устойчивость устройств к механическим воздействиям, воздействию постоянного и переменного тока, а также статического электричества. Масса ВВ в УВТ в сотни раз меньше, чем у детонирующих шпуров, что позволяет полностью исключить боковое воздействие устройств СИНВ на заряд ВВ при инициировании скважинных и шпуровых зарядов. Незначительная масса ВВ в ударно-волновых трубках, транс-

лирующих взрывной импульс позволяет исключить инициирование ударно-волновой трубкой других УВТ, детонирующих шнуров и т.д. Для инициирования скважинных зарядов при работе на земной поверхности применяются устройства СИНВ-С и СИНВ-П. Устройства СИНВ-С предназначены для транспортирования инициирующего импульса и инициирования с замедлением промежуточных детонаторов скважинных зарядов (создания внутрискважинного замедления) при взрывных работах на земной поверхности, имеют 11 ступеней замедления (от 100 до 500 мс). Устройства СИНВ-П состоят из ударно-волновой трубки и капсуля-детонатора с замедлением, распложенного в фиксаторе и предназначены для монтажа взрывной сети и задержки передачи инициирующего импульса устройству СИНВ-С при взрывных работах на земной поверхности. С помощью фиксатора к устройству СИНВ-П может быть подсоединено до 6 устройств СИНВ. Устройства СИНВ-П имеют 9 ступеней замедления (от 0 до 200 мс). Применение внутрискважинного замедления позволяет обеспечить отставание взрывания скважинных зарядов от инициирующей взрывной сети и тем самым исключить подбой поверхностной сети кусками породы. Как правило, на одном блоке применяются устройства СИНВ-С с одними замедлениями. Замедление между скважинными зарядами обеспечивается замедлением устройств СИНВ-П и различными вариантами монтажа поверхностной взрывной сети.

Для инициирования взрывной сети могут использоваться стартовые устройства СИНВ-Старт. Стартовые устройства СИНВ представляют из себя СИНВ-П с волноводом, длина которого позволяет вывести его конец за границы опасной зоны. Инициирование стартового устройства СИНВ производится механическим или электроискровым пусковыми устройствами. При этом полностью исключается применение штатных средств инициирования (ЭД, КД), что значительно повышает безопасность работ. Стартовые устройства СИНВ выпускаются в двух модификациях:

- СИНВ-Старт-В (предназначена для инициирования сетей, смонтированных с применением устройств СИНВ-П);
- СИНВ-Старт-Ш (предназначено для инициирования сетей, смонтированных с применением детонирующего шнура).

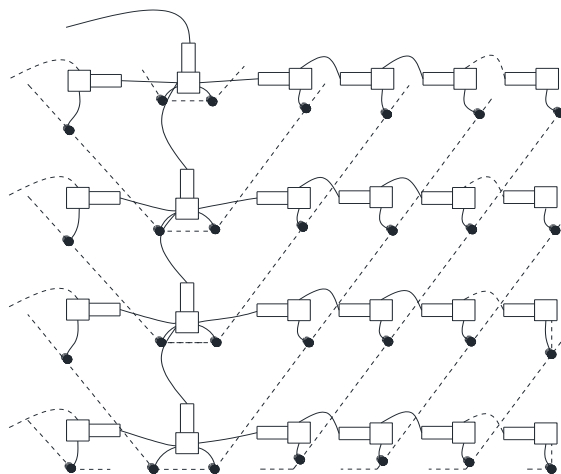


Рисунок 35 – Схема неэлектрической системы инициирования зарядов

6. ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА СРЕДУ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

6.1 Заряд ВВ. Классификация зарядов ВВ. Общие принципы расчёта зарядов ВВ

Зарядом называют расчётное количество ВВ с размещенным в нем средством взрывания. Заряды классифицируют:

По расположению заряда:

- наружный - заряд, размещенный на поверхности разрушаемого объекта.

- внутренний – заряд, размещенный внутри разрушаемого объекта.

По строению заряда:

- сосредоточенный - заряд, имеющий форму куба, шара, цилиндра или параллелепипеда, высота которого не превышает утроенной величины его диагонали.

- удлиненный (колонковый), скважинный - заряд, длина которого в 3 раза и более превышает его диаметр.

- сплошной - ВВ в заряде не разделено промежутками на отдельные части.

- рассредоточенный - отдельные части заряда разделены промежутками (забойкой)

- фигурные - заряды, условно образующие П-, Г-, Т-форму и другие заряды сложной формы;

- листовые – заряды, отношение длины или ширины которых во много раз превышает толщину.

По действию на окружающую среду:

- заряды камуфлета - действие взрыва заряда не проявляется на поверхности и ограничивается образованием подземной полости за счет уплотнения.

- заряды рыхления - окружающая среда вспучивается и несколько перемещается без образования видимой воронки выброса.

- заряды выброса - разрушение и выброс раздробленной породы за пределы воронки выброса.

Форма воронки взрыва сосредоточенного заряда в однородном массиве с одной открытой поверхностью близка к прямому конусу с вершиной в центре заряда. Основными геометрическими параметрами воронки являются глубина заложения заряда - линия наименьшего сопротивления (ЛНС или W -кратчайшее расстояние от центра заряда до свободной поверхности), радиус раствора воронки r . Отношение радиуса раствора воронки к ЛНС называется показателем действия взрыва: $n=r/W$.

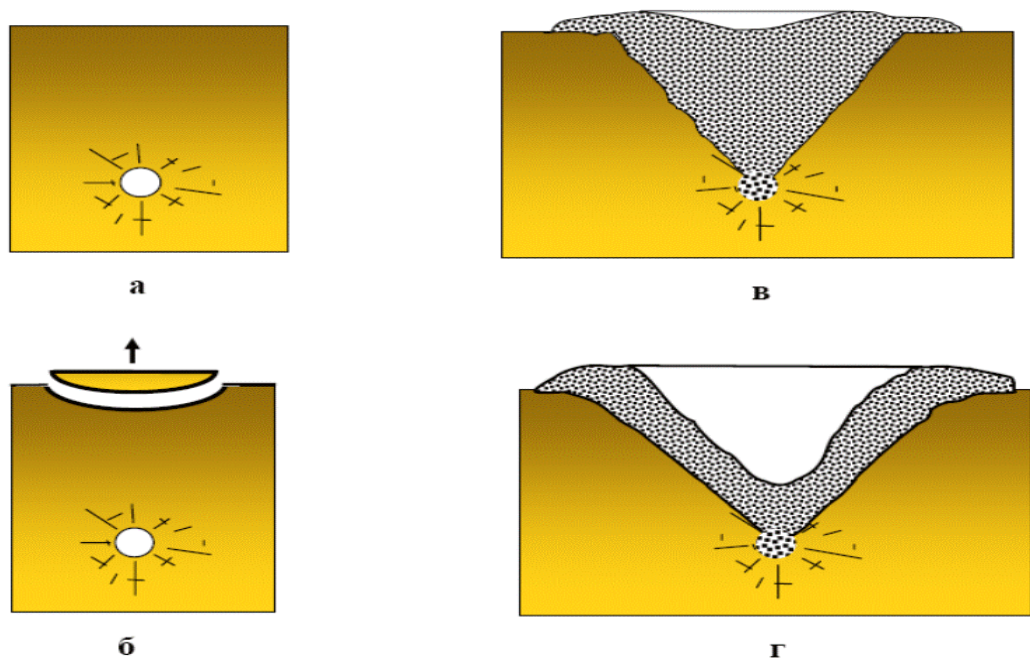


Рисунок 36 - Действие взрыва различных зарядов ВВ: а – камуфлетного; б – откольного; в – рыхления; г – выброса.

При $n > 1$ образуется воронка усиленного выброса, при $n = 1$ - воронка нормального выброса, а при $1 > n > 0,7$ - уменьшенного выброса. При расчетах зарядов рыхления показатель действия взрыва принимают в диапазоне $0,2 < n < 0,7$; для зарядов камуфлета $n < 0,2$.

Принципы расчета разрушающего действия зарядов базируются на законах подобия, одним из которых является обобщенный закон подобия при взрыве. В соответствии с этим законом, напряжения, возникающие на расстоянии R от заряда, зависят от величины полной энергии взрыва и этого расстояния. Формулу для расчета величины заряда Q наиболее просто можно получить для зарядов нормального выброса. Объем V воронки взрыва равен объему конуса:

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 W, \quad (6.1)$$

При нормальной воронке показатель действия взрыва $n = 1$, следовательно $r = W$. Приняв $\pi = 3$, получим, приближенно $V \approx W^3$. Поскольку величина заряда находится в прямой зависимости от массы дробимой в объеме конуса породы, получим формулу для расчета величины Q_n :

$$Q_n = q_n W^3 \quad (6.2)$$

где q_n - удельный расход ВВ для нормальной воронки, кг/м^3 .

При увеличении массы заряда Q показатель действия взрыва n увеличивается, а при уменьшении - уменьшается. Отсюда следует, что величина заряда является функцией n . Обозначив эту функцию как $f(n)$, получаем формулу для расчета величины зарядов в виде:

$$Q = f(n)q_n W^3, \quad (6.3)$$

Наиболее широко для определения величины $f(n)$ применяется формула, предложенная в 1871 г. русским военным инженером М. М. Боресковым:

$$f(n) = 0,4 + 0,6n^3, \quad (6.4)$$

Формула дает удовлетворительные результаты для зарядов усиленного выброса, а для зарядов уменьшенного выброса их величины занижаются. Ею также нельзя пользоваться при расчете зарядов на выброс при $W > 25$ м. При расчете величины сосредоточенных зарядов рыхления используют формулу:

$$Q = 0,33q_n W^3, \quad (6.5)$$

Для расчёта серии скважинных зарядов рыхления (рис. 37) (основной метод ведения взрывных работ на карьерах) исходим из объема породы, разрушаемой одним зарядом, который рассчитывается в виде геометрического объема:

$$V = W_n \cdot a \cdot H, \quad (6.6)$$

где W_n - сопротивление по подошве уступа, м;

a - расстояние между скважинными зарядами в ряду, м;

H - высота уступа, м.

Масса заряда в скважине определяется по формуле:

$$\text{для первого ряда} \quad Q = q_p \cdot W_n \cdot a \cdot H, \quad (6.7)$$

$$\text{для последующих рядов} \quad Q = q_p \cdot a \cdot b \cdot H. \quad (6.8)$$

где q_p - расчетный удельный расход ВВ ($\text{кг}/\text{м}^3$). Определяется по таблицам (например, треста «Союзвзрывпром» и др.) или рассчитывается по формулам и уточняется по результатам опытных взрывов.

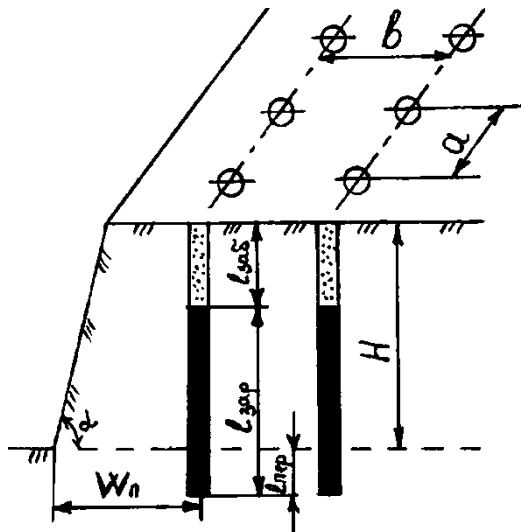


Рисунок 37 - Параметры скважинного заряда

6.2 Дробящее действие взрыва в горных породах

Скорость детонации ВВ значительно выше скорости деформации породы. Поэтому поверхность породы воспринимает действие взрыва одновременно по всей площади соприкосновения заряда с массивом.

На поверхности раздела «заряд-порода» детонационная волна переходит в ударную с весьма высокой амплитудой, вызывающей сильное измельчение породы, находящейся в условиях всестороннего неравномерного сжатия. По мере удаления от заряда амплитуда волны резко снижается и на расстоянии 5-6 радиусов заряда превращается в упругую волну напряжения, скорость распространения ее меньше, чем ударной, и равна скорости звука в породе. Однако амплитуда взрывной волны остается значительно выше прочности породы на раздавливание, вследствие чего после ее прохождения наблюдается интенсивное разрушение массива, часто с потерей им первоначальной структуры. Эту зону принято характеризовать как зону измельчения h или пластического действия взрыва. Она обычно ограничена 10-12 радиусами заряда (рис. 38). После прохождения взрывной волны определенное разрушительное действие в этой зоне производят и газы взрыва, находящиеся под чрезвычайно высоким давлением.

Порода вблизи заряда под указанным воздействием взрывной волны и газов взрыва быстро сжимается и смещается вслед за фронтом волны напряжений. В результате этого образуется зона сильно деформирующей породы с системой многочисленных пересекающихся трещин.

По мере удаления от заряда напряжение в породе от взрыва снижаются и на определенном расстоянии становятся меньше сопротивления породы раздавливанию, вследствие чего характер деформации и разрушений меняется.

Под действием прямой волны напряжений и сжатых газов взрыва, распространяющихся от заряда, в среде в радиальном направлении возникают сжимающие напряжения, а в тангенциальном – растягивающие, которые и вызывают появление радиальных трещин (рис. 39).. Порода под действием высокого давления деформируется, и радиусы условно выделенных вокруг заряда сфер R_1 и R_2 увеличатся. За счет этого порода в радиальных направлениях будет испытывать растягивающие напряжения, которые обеспечивают развитие в массиве радиальных трещин b (рис. 38).

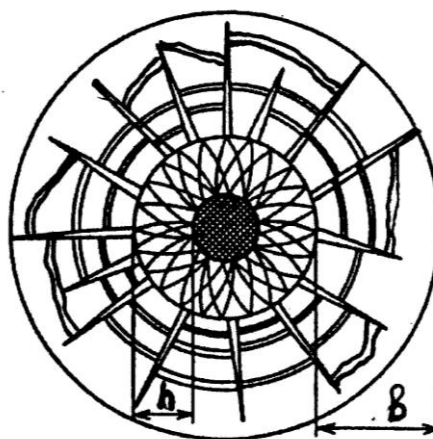


Рисунок 38 - Процесс разрушения монолитной скальной породы вокруг заряда:

b – зона трещинообразования; h – зона измельчения.

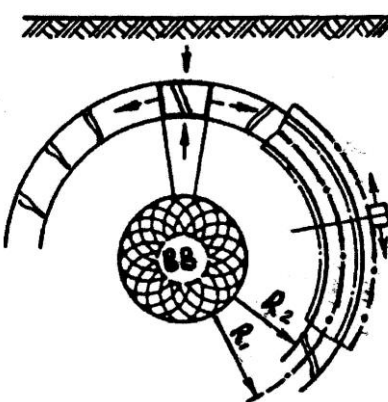


Рисунок 39 - Механизм образования радиальных трещин вокруг заряда.

При дальнейшем удалении волны деформации от заряда, растягивающие тангенциальные напряжения уменьшаются и становятся меньше величины сопротивления породы растяжению. Поэтому за пределами этого расстояния разрушений происходить не будет, а будут иметь место систематические колебания.

После снижения давления газов в центре взрыва сильно сжатая порода будет разгружаться, и смещаться в сторону центра заряда, за счет чего условный радиус сферы уменьшится, а участки породы, прилегающие к полости, будут испытывать напряжения растяжения в радиальных направлениях. В результате этого в породе появляется ряд кольцевых тангенциальных трещин (см. рис. 38).

6.3 Способы оценки гранулометрического состава взорванной горной массы

Гранулометрический состав - распределение зёрен (кусков) по крупности в горной породе, горной массе, почве или искусственном продукте, характеризующееся выходом в процентах от массы или количества зёрен.

Гранулометрический состав — важный показатель физических свойств и структуры материала. Общепринятой классификации по данным гранулометрического состава не существует, что связано с различием целей и объектов, для которых производится определение гранулометрического состава.

В горном деле, обогащении полезных ископаемых применяют различные классификации и шкалы классов (фракций) крупности. Классы (фракции) обычно обозначают в мм, в обогащении полезных ископаемых классы крупнее и мельче данного размера - знаками плюс и минус соответственно. В горном деле гранулометрический состав горной массы, отделённой от массива, используют для оценки результатов взрывных работ (особенно выход негабарита) и учитывают при выборе типа и параметров технологического оборудования в карьерах. Особый интерес для горных предприятий представляет процент выхода негабаритной фракции, потому что от выхода негабаритной фракции зависят производительность и продолжительность срока службы погрузочного и транспортного оборудования и надёжность его работы. Затраты времени на вторичное дробление нарушают ритмичность работы предприятия, а также связанные с дополнительным расходом ВВ и средств инициирования.

Так, увеличение выхода негабарита с 2,5 до 5% вызывает снижение производительности экскаватора на 20...30%. При 20% выхода негабарита его производительность снижается в 2...2,5 раза.

В зависимости от цели исследования и размеров частиц гранулометрический состав определяют прямыми и косвенными методами :

1. Поштучный учёт - производится обмер всех кусков горной породы.
2. Планиметрический - отношение площади негабаритных кусков к площади, на которой проводятся измерения.
3. Фотопланиметрический - анализ грансостава проводится по фотографиям (цифровые снимки). Обработка производится с применением специальных программных комплексов (к примеру, K-MINE)
4. Количественный метод – подсчитывается количество негабаритных кусков на некоторой площади. Затем рассчитывается количество негабаритных кусков в м³ развала и выход негабарита в процентах.
5. Линейный метод – по развалу в нескольких местах укладывается лента определённой длины. Выход негабарита равен отношению суммарной длины негабаритных кусков к общей длине ленты.
6. Ситовой анализ - средний размер куска определяется после отсева на наборах сит по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum y_i \cdot d_i}{100} \quad (6.9)$$

где d_i – средний диаметр куска некоторой фракции, м

y_i – выход (в %) кусков данной фракции.

Косвенные методы оценки выхода негабарита в производственных условиях основаны на расходе средств инициирования (КД или ЭД) или ВВ на вторичное дробление.

6.4 Сейсмическое действие взрыва и его воздействие на здания и сооружения

Сейсмические волны - колебания, распространяющиеся от природных или искусственных источников. В однородной идеально-упругой твёрдой среде могут распространяться сейсмические волны двух типов: объёмные (продольные и поперечные) и поверхностные упругие. Продольные сейсмические волны вызывают изменения объёма (сжатие и растяжение) в среде. Движение частиц в них происходит параллельно направлению распространения волны. Поперечные сейсмические волны вызывают колебания частиц перпендикулярно направлению распространения волны. Скорость продольных V_p и поперечных V_s волн можно определять по формулам:

$$V_p = (k + 4/3m)/\rho, \quad (6.10)$$

$$V_s = m/\rho, \quad (6.11)$$

где k - модуль всестороннего сжатия;

m - модуль сдвига;

ρ - плотность.

Скорость продольных волн примерно в 3 раз больше скорости поперечных волн. Продольные и поперечные волны распространяются из источника по объёму Земли (объёмные волны). Их амплитуда для однородной и изотропной среды убывает обратно пропорционально расстоянию от источника.

Поверхностные волны несколько похожи на волны воды. Их обычная скорость значительно ниже скорости волн тела. Из-за своей низкой частоты, времени действия и большой амплитуды они являются самыми разрушительными из всех типов сейсмических волн. Они бывают двух типов: волны Релея и волны Лявэ. При взрывах возникают поверхностные волны одного или различных типов.

Сейсмическое действие взрыва – это колебания твёрдой среды за пределами зоны разрушения, где взрывная волна переходит в упругие сейсмические волны. Сейсмические явления наблюдаются как при внутреннем, так и наружном действии взрыва. Источником сейсмической энергии при взрыве является заряд ВВ. Выбор допустимой скорости колебаний производят из условия отсутствия в зданиях и сооружениях повреждений и деформаций от периодически проводимых взрывов (табл. 25).

Критические скорости колебаний среды

| Тип сооружения | $V_{кр}$, см/с | |
|---|------------------------------------|--------------------|
| | многократные взрывы | однократные взрывы |
| Жилые здания и сооружения | 1-3 | 5-10 |
| Промышленные здания, транспортные эстакады, мосты | 5-7 | 10-14 |
| Одноэтажные каркасные здания, малосвязные породы | 10 | 20 |
| Массив трещиноватых пород, железобетонная обделка тоннелей (М 200, М 300) | 20 | 50 |
| Массив скальных малотрещиноватых пород; массивный гидротехнический бетон 70% проектной прочности (М 200, М 300) | 50 | 100 |
| Массив прочных скальных пород | 100 | 150 |
| Гидротехнический бетон, набравший менее 70% проектной прочности | $V_{КР} = \frac{\sigma_{СПС}}{15}$ | |

6.5 Шкала сейсмического действия взрыва. Критерии сейсмического действия взрыва

Наиболее общим критерием оценки сейсмического действия взрыва является скорость колебаний среды в сейсмической волне. Скорость колебаний и собственная частота колебаний гражданских и промышленных зданий и сооружений являются основными параметрами, которые определяют сейсмическое действие различных волн на сооружения.

Академик М.А. Садовский предложил формулу для определения скорости смещения грунта:

$$V = k_3 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^y . \quad (6.11)$$

Показатель степени y зависит от расстояния до взрыва и колеблется от 1 до 3.

Коэффициент k_3 зависит главным образом от свойств среды: плотности, скорости распространения волны V , модуля упругости E , параметров $ВВ$, а также от технологии взрывных работ и меняется от 50 до 600. Коэффициенты y и k_3 определяются для конкретных условий инструментальными замерами.

В случае короткозамедленного взрывания сейсмический эффект зависит от времени замедления и числа групп зарядов N , на которые разбит суммарный заряд. Начиная с некоторого замедления дальнейшее его увеличение не сказывается существенно на сейсмическом эффекте. При этом если $t > t_{опт}$, то скорость зависит только от числа групп зарядов. Если массы зарядов в

группах примерно равны, то для определения скорости колебания можно использовать формулу:

$$V = \frac{k_3}{\sqrt{N}} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1,5} \quad (6.12)$$

При взрывах напряжения и относительные деформации зданий и сооружений прямо пропорциональны скорости колебаний. Поэтому скорость смещения частиц грунта наиболее удобна для характеристики сейсмической опасности взрыва.

Деформации и разрушения сооружений, расположенных на одинаковых по своим свойствам грунтах, происходят в случае, когда скорость v колебаний превосходит некоторую критическую величину $V_{кр}$. Разработана шкала для определения интенсивности сейсмических колебаний при взрывах (табл. 25).

Критерии сейсмического действия взрывов

Для выражения параметров сейсмических волн используют параметры энергетического и геометрического подобия:

- приведенная масса заряда

$$Q = \frac{\sqrt[3]{Q}}{R}; \quad (6.13)$$

Приведенное расстояние $R = \frac{R}{\sqrt[3]{Q}}$.

Амплитуда колебаний определяется по формуле

$$A = k_1 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^y, \quad (6.14)$$

где Q – масса одновременно взрываемого заряда, кг;

R - расстояние от заряда до точки замера, м;

k_1 - опытный коэффициент, зависящий от типа волны и свойств породы.

Таблица 26

Шкала интенсивности сейсмических колебаний при взрывах

| Балл | Характеристика колебания и вызываемых ими нарушений | Допустимая скорость, см/с | Предельная скорость, см/с |
|------|---|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I | Колебания отмечаются только приборами | 0,1 | 0,2 |
| II | Колебания ощущаются в отдельных случаях при тишине | 0,2 | 0,4 |
| III | Колебания ощущаются некоторыми людьми или людьми, знающими о взрыве | 0,4 | 0,8 |
| IV | Колебания отмечаются многими людьми, дребезжание стекол | 0,8 | 1,5 |
| V | Осыпание побелки; повреждение | 1,5 | 3,0 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|--|------|------|
| | штукатурки и отдельных ветхих зданий | | |
| VI | Тонкие трещины в штукатурке, повреждение зданий, имевших деформацию | 3,0 | 6,0 |
| VII | Повреждение зданий, находившихся в удовлетворительном состоянии: трещины в штукатурке, падение кусков штукатурки, тонкие трещины в сочленении стенок и перекрытий; трещины в печах, трубах | 6,0 | 12,0 |
| VIII | Значительные повреждения зданий, трещины в несущих конструкциях и стенах, большие трещины в перегородках, падение печных труб, обвалы штукатурки | 12,0 | 24,0 |
| IX | Разрушение зданий, большие трещины в стенках, расслоение кладки, падение некоторых участков стен | 24,0 | 48,0 |
| X - XII | Большие разрушения и обвалы зданий | 24,0 | 48,0 |

6.6 Определение сейсмически безопасных расстояний при взрывах

Расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда ВВ, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяются по формуле:

$$r_c = K_r \cdot K_c \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (6.15)$$

где r_c - расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м;

K_r - коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения);

K_c - коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;

α - коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q - масса заряда, кг.

Значения коэффициента K_r

| | |
|---|----|
| Скальные породы плотные, ненарушенные | 5 |
| Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании | 8 |
| Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м | 12 |
| Почвенные обводненные фунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод | 15 |
| Водонасыщенные грунты | 20 |

Значения коэффициента K_c

| | |
|--|-----|
| Одинокные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом | 1 |
| Одинокные здания высотой не более двух-трех этажей с кирпичными и подобными стенами | 1,5 |
| Небольшие жилые поселки | 2 |

Значения коэффициента α

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление | 1 |
| Взрыв на выброс | 0,8 |
| Взрыв полууглубленного заряда | 0,5 |

При взрыве наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

При одновременном (без замедления) взрывании группы из N зарядов ВВ общей массой Q в тех случаях, когда расстояния от охраняемого объекта до ближайшего заряда и до наиболее удаленного заряда различаются не более чем на 20%, безопасное расстояние

$$r_c = N^{\frac{1}{6}} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_c \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (6.16)$$

При большем различии в расстояниях охраняемый объект будет находиться вне сейсмически опасной зоны, если будет соблюдаться условие

$$(K_{\Gamma} \cdot K_c \cdot \alpha)^3 \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^3} \leq 1 \quad (6.17)$$

где N - число зарядов взрывчатых веществ;

q_i - масса отдельного заряда взрывчатых веществ, кг;

r_i - расстояние от отдельного заряда взрывчатых веществ до охраняемого объекта, м.

При неодновременном взрывании N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние.

$$r_c = \frac{K_{\Gamma} \cdot K_c \cdot \alpha}{N^{\frac{1}{4}}} \cdot Q^{1/3}, \quad (6.18)$$

При определении N и Q можно не учитывать заряды, масса которых (в 3 раза и более) меньше массы максимального заряда взрывающей группы.

В тех случаях, когда расстояние r_i от крайних зарядов массой q_i , до охраняемого объекта различается более чем на 20 %, последний будет находиться вне сейсмически опасной зоны, если будет соблюдаться условие

$$\left(\frac{K_{\Gamma} \cdot K_c \cdot \alpha}{N^{\frac{1}{4}}} \right) \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^3} \leq 1, \quad (6.19)$$

При определении N не учитываются заряды, для которых величина q_i/r_i^3 (в 3 раза и более) меньше максимальной из всей взрывающей группы.

Приведенные методы определения безопасных расстояний относятся к зданиям, находящимся в удовлетворительном техническом состоянии.

При наличии повреждений в зданиях (трещин в стенах и т.п.) безопасные расстояния должны быть увеличены. Это увеличение устанавливается по заключениям специализированных организаций.

Указанные методы определения безопасных расстояний неприменимы для зданий и сооружений уникального характера (здания атомных электростанций, башни, высотные здания, монументальные общественные здания и т.п.) и для ответственных и сложных инженерных сооружений (мосты, реакторы различного назначения, гидротехнические сооружения, радиомачты и т.п.). Для таких объектов вопросы сейсмической безопасности должны решаться с привлечением специализированных организаций.

В иных случаях безопасные расстояния следует определять с привлечением специализированных организаций.

6.7 Ударные воздушные волны взрывов.

Параметры ударных воздушных волн.

При ведении взрывных работ на открытых горных разработках вблизи жилых массивов и промышленных объектов большое значение приобретает защита сооружений от воздействия ударных воздушных волн (УВВ). УВВ возникают вследствие ударного сжатия воздуха, прилегающего к заряду. При расширении продуктов взрыва и удалении УВВ от центра взрыва интенсивность ее падает, скорость распространения уменьшается и она переходит в звуковую волну. Передняя часть ударной волны - фронт распространяется со скоростью, превышающей звуковую. Распространяющаяся УВВ вызывает движение за ее фронтом воздушного потока, давление в котором по мере удаления фронта снижается до атмосферного, переходя затем в волну разряжения. Основными параметрами, определяющими разрушающее действие ударной воздушной волны, являются:

1. Максимальное избыточное давление воздуха непосредственно за фронтом ударной волны ΔP_{ϕ} - основная характеристика воздушной ударной волны.

2. Время действия избыточного давления $T_{и}$.

3. Скорость распространения фронта U_{Δ} .

4. Скорость воздуха во фронте ударной волны U_{ϕ} .

5. Температурой воздуха во фронте T_{ϕ} .

6. Скоростной напор $\Delta P_{ск}$.

Различные разрушения, вызываемые действием воздушной ударной волны, определяются в основном величиной ΔP_{ϕ} .

Изменение избыточного давления воздушной ударной волны ΔP_{ϕ} в зависимости от расстояния R и мощности взрыва q подчиняется закону подобия. Расстояние от места взрыва до точки с заданными параметрами во фронте воздушной ударной волны пропорционально корню кубическому из тротилового эквивалента. Если R_1 - расстояние от центра взрыва мощ-

ностью q_1 то при взрыве мощностью q_2 одинаковые величины избыточного давления ΔP_{ϕ} , а также всех остальных параметров будут иметь место на расстоянии R_2 , равном:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}} \quad (6.20)$$

По данной формуле можно определить ориентировочные значения радиусов зон поражения для различных мощностей взрыва.

6.8 Расстояния, безопасные по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения.

Безопасные расстояния по действию ударной воздушной волны при взрыве на земной поверхности для зданий и сооружений рассчитываются по формулам:

$$r_b = K_b \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (6.21)$$

где r_b - безопасное расстояние, м;

Q - масса заряда взрывчатых веществ, кг;

K_b, k_b - коэффициенты пропорциональности, значения которых зависят от условий расположения и массы заряда, а также от степени допускаемых повреждений зданий или сооружений.

Первая формула должна применяться при допустимости первой - третьей степеней повреждений для открытых (наружных) зарядов массой больше 10 т и для зарядов, углубленных на свою высоту, массой больше 20 т при допустимости первой - второй степеней повреждений. Вторую формулу нужно применять при допустимости первой - третьей степеней повреждений для открытых зарядов массой менее 10 т и первой - второй степеней повреждений - для зарядов, углубленных на свою высоту, с массой менее 20 т, а также для соответствующих зарядов выброса. Кроме того, вторая формула применима при допустимости четвертой - пятой степеней повреждений независимо от массы и расположения заряда.

Определение расстояний, безопасных по действию ударных воздушных волн на застекление, при взрывании наружных и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления осуществляются когда разрушение стекол недопустимо.

При одновременных взрывах наружных и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления безопасные расстояния r_b по действию УВВ на застекление при взрывании пород VI-VIII групп по классификации строительных норм определяют по формулам:

$$r_B = 200 \cdot \sqrt[3]{Q_3}, \text{ м, при } 5000 > Q_3 \geq 1000 \text{ кг; (6.22)}$$

$$r_B = 65 \cdot \sqrt[3]{Q_3}, \text{ м, при } 2 \leq Q_3 < 1000 \text{ кг; (6.23)}$$

$$r_B = 63 \cdot \sqrt[3]{Q_3^2}, \text{ м, при } Q_3 \leq 2 \text{ кг; (6.24)}$$

где Q_3 - эквивалентная масса заряда, кг.

Эквивалентная масса заряда для группы N зарядов (длиной не менее 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_3 = P \cdot l_{\text{зар}} \cdot K_3 \cdot N, \quad (6.25)$$

где P - вместимость взрывчатых веществ 1 м скважины (шпура), кг;

$l_{\text{зар}}$ - длина заряда, м;

K_3 - коэффициент, значение которого зависит от отношения длины забойки $l_{\text{заб}}$ к диаметру скважины (шпура) d (при отсутствии забойки - зависит от отношения длины свободной от заряда части скважины $l_{\text{св}}$ к d).

Для группы из N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной более 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_3 = 12 \cdot P \cdot d \cdot K_3 \cdot N, \quad (6.26)$$

Во всех случаях, когда заряды инициируются детонирующим шнуром, суммарная масса взрывчатых веществ сети детонирующего шнура добавляется к значениям Q_3 . В случае короткозамедленного взрывания под Q_3 и N следует понимать соответственно массу эквивалентного заряда и число зарядов одной группы. При наличии нескольких групп зарядов, взрываемых с замедлениями, к расчету принимается группа с максимальным Q_3 . При интервале замедления от 30 до 50 мс безопасное расстояние, рассчитанное по формулам должно быть увеличено в 1,2, от 20 до 30 мс - в 1,5 и от 10 до 20 мс - в 2 раза.

6.9 Развал и разлёт кусков породы при взрыве

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

- для однорядного мгновенного взрывания

$$B_0 \approx k_B \cdot k_\beta \cdot H \cdot \sqrt{q_p}, \quad (6.27)$$

где k_B - коэффициент, характеризующий взрываемость породы;

k_β - коэффициент, учитывающий угол наклона скважины β к горизонту.

-для многорядного КВЗ без подпорной стенки:

$$B_M = k_3 \cdot B_0 + (N_p - 1) \cdot b, \quad (6.28)$$

где k_3 - коэффициент дальности отброса взорванной породы, зависящий от величины интервала замедления

N_p - число рядов скважин;

b - расстояние между рядами скважин, м.

При многорядном взрывании с подпорной стенкой ширина развала взорванной породы рассчитывается по формуле:

$$B_{МП} = \left(1 - \frac{Ш_{П}}{k_p \cdot W + Ш_{П}}\right) \cdot B_0 + (N_p - 1) \cdot b, \quad (6.29)$$

где $Ш_{П}$ - ширина подпорной стенки, м;

k_p - коэффициент разрыхления породы в подпорной стенке

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:

$$Ш_B \approx 0,3 \cdot (B_0 - W) + 3,5, \quad (6.30)$$

Расстояние $r_{разл}$, м, опасное для людей по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов, рассчитанных на разрыхляющее (дробящее) действие, определяется по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot \eta_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{заб}} \cdot \frac{d}{a}}, \quad (6.31)$$

где η_3 - коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом;

$\eta_{заб}$ - коэффициент заполнения скважины забойкой;

f -коэффициент крепости пород по шкале проф.

М.М. Протождьяконова;

d - диаметр взрывающей скважины, м;

a - расстояние между скважинами в ряду или между рядами,

м.

Коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом η_z равен отношению длины заряда в скважине l_z , м, к глубине пробуренной скважины L , м:

$$\eta_z = \frac{l_z}{L}, \quad (6.32)$$

Коэффициент заполнения скважины забойкой $\eta_{заб}$ равен отношению длины забойки $l_{заб}$, м, к длине свободной от заряда верхней части скважины l_H , м:

$$\eta_z = \frac{l_{заб}}{l_H}, \quad (6.33)$$

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

При производстве взрывов на косогорах, а также в условиях превышения верхней отметки взрываемого участка над участками границы опасной зоны более чем на 30 м размеры опасной зоны $r_{разл}$ в направлении вниз по склону должны быть увеличены и безопасные расстояния по разлету отдельных кусков породы, м, рассчитаны по формуле:

$$R_{разл} = r_{разл} \cdot K_p, \quad (6.34)$$

где $R_{разл}$ - опасное расстояние по разлету отдельных кусков породы в сторону уклона косогора или местности, расположенной ниже 30 м, считая от верхней отметки взрываемого участка;

K_p - коэффициент, учитывающий особенности рельефа местности.

При взрывании на косогоре:

$$K_p = 1 + tg\beta, \quad (6.35)$$

где β - угол наклона косогора к горизонту, градусы.

В тех случаях, когда вместо угла β известно превышение места взрыва над границей опасной зоны:

$$K_p = 0,5 \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4H}{r_{разл}}} \right], \quad (6.36)$$

где H - превышение верхней отметки взрываемого участка над участком границы опасной зоны, м.

Если в каком-либо направлении граница опасной зоны проходит по уклону (склону), необходимо учесть возможное скатывание отдельных кусков породы и увеличить в этом направлении безопасное расстояние. Также необходимо учитывать влияние силы ветра на возможное увеличение дальности разлета кусков породы.

Расчетное значение опасного расстояния округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое при этом безопасное расстояние не должно быть меньше минимальных расстояний, указанных в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

7.ВЗРЫВЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

7.1 Методы взрывных работ и условия их применения.

Технология мгновенного и короткозамедленного взрывания

На практике различают следующие методы ведения взрывных работ, которые различают по форме выработки, предназначенной для размещения заряда

- метод шпуровых зарядов - применяется на открытых и подземных разработках. На открытых работах шпуровой метод используют при небольшой мощности пластов или при послойной разработке грунтов.

- метод скважинных зарядов – основной метод ведения взрывных работ на карьерах.

- метод котловых зарядов применяют в тех случаях, когда расчетный заряд ВВ не размещается в скважине. Взрывом небольших зарядов ВВ на дне скважины образуют котел.

- метод камерных зарядов применяют при массовых взрывах на выброс или обрушение для разработки котлованов или каналов значительных размеров. Он заключается в том, что в разрабатываемой породе делают вертикальные колодцы (шурфы) или горизонтальные галереи (штольни), из которых в боковых направлениях устраивают большие зарядные камеры для размещения крупных сосредоточенных зарядов. Колодцы и штольни крепят рамами и досками.

- метод малокамерных зарядов (зарядов в рукавах) применяют при высоте забоя менее 6 м, преимущественно в нескальных грунтах. Длина рукава должна составлять 2/3 высоты забоя, но не более 6 м, а расстояние между рукавами, в зависимости от размеров кусков породы – 0,8...1,5 м.

- метод накладных (наружных) зарядов заключается в расположении зарядов ВВ в небольших углублениях либо на поверхности взрываемого объекта. Заряд ВВ прикрывается забоечным материалом. Метод накладных зарядов в основном применяется для дробления негабаритных кусков взорванной породы и валунов, разрушения конструкций, при валке деревьев и корчевке пней, при дноуглубительных работах.

- метод щелевых зарядов ВВ применяется при необходимости устройства нешироких траншей в зимних условиях. При этом методе при помощи баровой машины на базе трактора в мерзлом грунте прорезаются щели. Рыхление мерзлых грунтов щелевыми зарядами ВВ способствует получению при взрыве проектного контура траншеи без необходимости зачистки основания и стенок. При щелевом методе рыхления мерзлых грунтов по сравнению со шпуровым производительность труда возрастает в 4...5 раз. Щелевые заряды ВВ могут применяться при рыхлении грунтов на больших площадях. В данном случае, используя щели в качестве дополнительных плоскостей скольжения, можно увеличить эффект рыхления грунта и снизить расход ВВ.

Мгновенное взрывание - способ инициирования группы зарядов ВВ, при котором все они взрываются одновременно. Применяется для образования удлиненных выемок (траншей, каналов) и дробления пород при однорядном расположении зарядов, при взрывании контурных шпуров или скважин, а также в тех случаях, когда есть опасность повреждения соседних зарядов.

Мгновенное взрывание группы зарядов ВВ производится с помощью ЭД мгновенного действия или с помощью ДШ.

Короткозамедленное взрывание - способ взрывания группы зарядов ВВ в определённой последовательности через заданные промежутки времени, измеряемые миллисекундами. Число и величина интервалов замедления зависят от цели и области использования взрыва. Лучший эффект дробления пород при короткозамедленном взрывании объясняется интерференцией волн напряжений от взрывов соседних зарядов, образованием дополнительных границ раздела взрывами предыдущих зарядов, облегчающих действие взрыва последующих зарядов, соударением разлетающихся масс породы после взрывов зарядов.

Рациональный интервал короткозамедленного взрывания подбирается на основе опытных взрывов или расчётных формул. С увеличением линии наименьшего сопротивления зарядов рациональный интервал замедления линейно растёт, с увеличением плотности пород - снижается.

Электрическое короткозамедленное взрывание осуществляется с помощью ЭД короткозамедленного действия (ЭДКЗ), имеющих ступени замедления с интервалами 15, 20 и 25 мс. Схемы ЭВЦ при короткозамедленном взрывании аналогичны применяемым для мгновенного и замедленного, последовательность инициирования зарядов определяется величиной замедления включённых в сеть ЭДКЗ. При взрывании с помощью ДШ замедления 15, 20, 35, 50 мс получают путём монтажа в разрывы сети пиротехнических замедлителей.

Величина замедлений зависит от крепости и упругих свойств породы, от величины л. н. с. и заряда. Величину замедления можно рассчитать по формуле:

$$\tau = A \cdot W, \text{ мс} \quad (6.37)$$

где A - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств породы;

W - величина линии наименьшего сопротивления.

Внедрение короткозамедленного взрывания на горных предприятиях позволило:

- применять на карьерах многорядное взрывание скважинных зарядов;
- существенно увеличить объём массовых взрывов при возрастании интенсивности дробления пород и снижении сейсмического воздействия на окружающие сооружения;
- улучшить технико-экономические показатели работы бурового, погрузочного и транспортного оборудования;
- увеличить безопасность выполнения взрывных работ в шахтах, опасных по взрыву газа или пыли и темпы проведения подготовительных выработок.

7.2 Метод скважинных зарядов рыхления.

Параметры взрыва скважинных зарядов рыхления и их расчёт

Диаметр скважины выбирают с учетом категории породы по трещиноватости и допустимого размера куска (d_{\max}) взорванной породы.

Расчетный удельный расход ВВ зависит от свойств массива. Для любой породы по категории трещиноватости и коэффициенту крепости f расчетный удельный расход ВВ (кг/м^3) при $d_3 = 200\text{-}250$ мм определяется по формуле:

$$q_p = \frac{q_0 \cdot e \cdot k_d \cdot \rho}{2,6}, \quad (7.1)$$

где q_0 - эталонный расход граммонита 79/21 при кондиционном размере кусков 500 мм, кг/м^3 ;

e - коэффициент работоспособности ВВ ;

k_d - поправочный коэффициент на допустимый размер куска ;

ρ - плотность породы, т/м^3 .

По выбранным значениям диаметра заряда (d_3), расчетного удельного расхода ВВ вычисляются параметры скважинных зарядов (рис. 40).

1. Вместимость 1 м скважины:

$$P = \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot \Delta, \quad (7.2)$$

где Δ - плотность ВВ в скважине, кг/м^3 .

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

$$W_n = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p \cdot m}}, \quad (7.3)$$

где m - коэффициент сближения зарядов.

k_1 - опытный коэффициент, зависящий от типа волны и свойств породы.

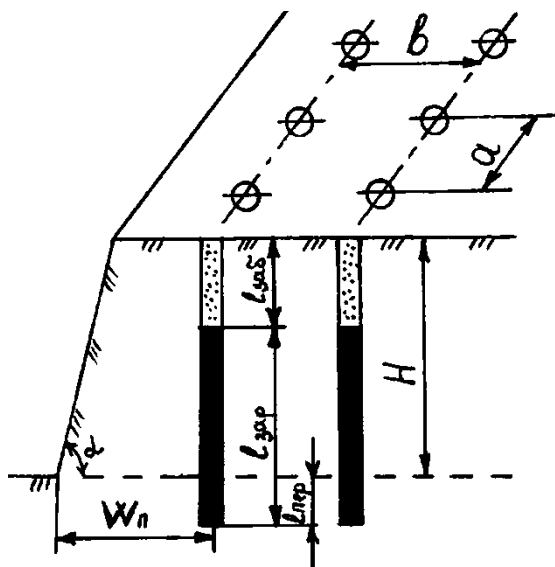


Рисунок 40 - Параметры скважинного заряда

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

$$W = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha + C, \quad (7.4)$$

где H - высота взрываемого уступа, м;

α - угол откоса борта уступа, град;

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

При этом должно выполняться условие:

$$W \leq W_n, \quad (7.5)$$

Если условие не выполняется, то необходимо применять наклонные или парносближенные скважины, котловые заряды. В этом случае линия сопротивления будет определяться:

- для наклонных скважин:

$$W_n = \frac{1}{\sin\beta} \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p}}, \quad (7.6)$$

где β - угол наклона скважины к горизонту, град.

- для парносближенных скважин:

$$W_n = \sqrt{\frac{2P}{q_p}}, \quad (7.7)$$

4. В зависимости от величины W_n определяется расстояние между скважинами в ряду a (м) и между рядами скважин b (м)

$$a = m \cdot W_n, \quad (7.8)$$

$$b = (0,8 \div 1) \cdot W_n, \quad (7.9)$$

Для вертикальных скважин $m = 0,8 \div 1,1$; для наклонных скважин $m = 0,9 \div 1,3$.

5. Величина перебура скважины принимается $(10 \div 15)d_3$ (большие значения выбираются для более крепких пород) или рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{пер}} \leq 0,5 \cdot W_n \cdot q_p, \quad (7.10)$$

6. Глубина скважины (м):

$$L = H + l_{\text{пер}}, \quad (7.11)$$

7. Величина забойки принимается в пределах $(20 \div 30) \cdot d_3$ (большие значения для трещиноватых, меньшие - для монолитных пород) или из выражений:

$$0,5 \cdot W_n \leq l_{\text{заб}} < W_n, \quad (7.12)$$

$$l_{\text{заб}} \approx 0,75 \cdot W_n, \quad (7.13)$$

7. Масса заряда в скважине первого ряда:

$$Q_3 = q_p \cdot W_n \cdot a \cdot H, \quad (7.14)$$

Масса заряда в скважине последующих рядов:

$$Q_3 = q_p \cdot a \cdot b \cdot H, \quad (7.15)$$

8. Предельно возможная масса ВВ в скважине:

$$Q_{\text{пр}} = P \cdot (L - l_{\text{заб}}), \quad (7.16)$$

Если предельно возможная масса ВВ в скважине окажется меньшей Q_3 расчетной, то необходимо применить другое ВВ, выбрать другой диаметр заряда, изменить коэффициент сближения скважин, применить котловые заряды.

7.3 Вместимость скважин

Вместимость 1 м скважины рассчитывается по формулам:

$$P = \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot \Delta, \quad (7.17)$$

$$P = 7,85 \cdot d_3^2 \cdot \Delta, \quad (7.18)$$

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

7.4 Линия сопротивления по подошве уступа.

Линия сопротивления по подошве уступа (W) - горизонтальное расстояние от оси скважины до нижней кромки уступа. Линия сопротивления по подошве уступа, так же как и линия наименьшего сопротивления, необходима при расчетах элементов расположения и величины зарядов при ведении буровзрывных работ.

Величина линии СПП зависит от многих факторов, которые можно объединить в три группы:

- факторы, характеризующие взрываемую среду - мощность напластования отдельных пластов взрываемого уступа, дробимость данной породы взрывом, общая трещиноватость массива;

- факторы, характеризующие скважинный заряд ВВ; тип ВВ, диаметр и высоту заряда;

- к третьей группе относятся величины, характеризующие расположение заряда в массиве: относительное расстояние между зарядами, длина колонкового заряда, величина перебура и степень зажатия массива.

Величина линии СПП рассчитывается по формулам:

$$W_{\text{од}} = 35 \cdot K_T \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\Delta l}{\gamma}}, \quad \text{м} \quad (7.19)$$

где k_B - коэффициент, учитывающий взрываемость пород, равный для легко-, средне- и трудновзрываемых соответственно 1,2; 1,1 и 1,0;

Δ - плотность заряжения ВВ в скважине, кг/м³ и составляет от 0,9 до 1,4 кг/дм³;

$k_{\text{ВВ}}$ - переводной коэффициент от эталонного ВВ (аммонит №6 ЖВ) к применяемому ВВ, определяется по таблице;
 γ - плотность взрываеваемой породы, кг/м³.

$$W_n = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p \cdot m}}, \quad (7.20)$$

Масса заряда в скважине должна быть проверена на вместимость .

7.5 Регулирование степени дробления горных пород

Известные в настоящее время способы управления дроблением горных пород взрывом в основном связаны с изменениями:

1. параметров отдельного заряда:

- диаметр заряда;
- конструкция заряда;
- направление инициирования сплошного заряда;
- последовательность инициирования частей рассредоточенного заряда;
- длина забойки.

2. параметров группы зарядов:

- сетка расположения и число рядов скважин;
- интервалы замедления
- последовательность взрывания зарядов в блоке;
- высота уступа;
- схема расположения скважин на уступе.

3. технологии взрывных работ:

- тип применяемого ВВ;
- расчетный удельный расход ВВ.

7.6 Управление сейсмическим, ударно-воздушным действием взрыва, развалом и разлётом кусков породы

7.6.1 Снижение сейсмического действия взрыва

Способы снижения сейсмического эффекта взрывов в стесненных условиях могут быть разделены на две основные группы: технологические способы и защитные (инженерные) мероприятия.

К первой группе относятся:

- свойства взрываеваемых пород;
- короткозамедленное взрывание;
- схема инициирования;
- уменьшение массы заряда;
- изменение конструкции заряда и диаметра скважины;
- оптимальная ориентация взрываеваемой группы зарядов относительно охраняемого объекта;
- линии наименьшего сопротивления и глубина заложения заряда;

- использование простейших типов ВВ.
- Ко второй группе относятся:
 - наличие свободной поверхности использование сейсмических экранов;
 - окапывание фундаментов зданий, сооружений и др. охраняемых объектов.

Короткозамедленное взрывание

Сущность короткозамедленного взрывания (КЗВ) заключается в том, что весь взрываемый заряд делят на отдельные группы зарядов (ступени замедления), взрывающиеся последовательно с определенным интервалом замедления. На практике используют интервалы замедления 15 - 50 мс. При КЗВ число ступеней замедления не ограничивают, а массу заряда в одной группе определяют выражением:

$$Q_{\text{КЗВ}} = 0,65 \cdot Q, \quad (7.21)$$

где Q - масса заряда при мгновенном взрывании, кг.

Формула учитывает возможное наложение сейсмических волн от взрывов отдельных групп зарядов при малом интервале замедления. Теоретический анализ и опыт показывают, что в случае КЗВ число групп n должно быть не менее 5. При числе групп больше пяти в случае КЗВ скорость колебания массива определяют по формуле:

$$v = \frac{K}{\sqrt{n}} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right), \quad (7.22)$$

Снижение сейсмического воздействия и увеличение предельно допустимой массы взрываемого заряда могут быть достигнуты путем особого расположения взрываемого заряда относительно охраняемого объекта в комбинации с КЗВ.

При взрывании по предлагаемой схеме (рис. 41) шпуры (скважины) располагают рядами параллельно охраняемому объекту. Все поле зарядов разбивают на блоки, причем в блоках осуществляют поскважинное замедление зарядов. Заряды в блоках взрывают одновременно в одной ступени замедления. Расстояние между одновременно взрываемыми шпурами в смежных блоках (или, что то же, ширина блока) определяют из условия:

$$a \geq m \cdot r_0$$

где a - расстояние между одновременно взрываемыми зарядами, м;
 r_0 - расстояние от охраняемого объекта до ближайшего заряда, м;
 m - коэффициент, зависящий от условий расположения охраняемого объекта относительно линии зарядов.

При $m = 0,65$ и одновременном взрыве десяти зарядов, расположенных на расстоянии друг от друга, равном $0,65 r_0$, скорость колебаний в точке А (рис. 42) увеличится на 10 % по сравнению со скоростью колебаний при взрыве только одного, ближайшего к точке А заряда. Такое увеличение скорости колебаний можно не учитывать, т.е. сейсмическое действие взрыва при $a \geq 0,65 r_0$ будет определяться ближайшим к охраняемому объекту зарядом.

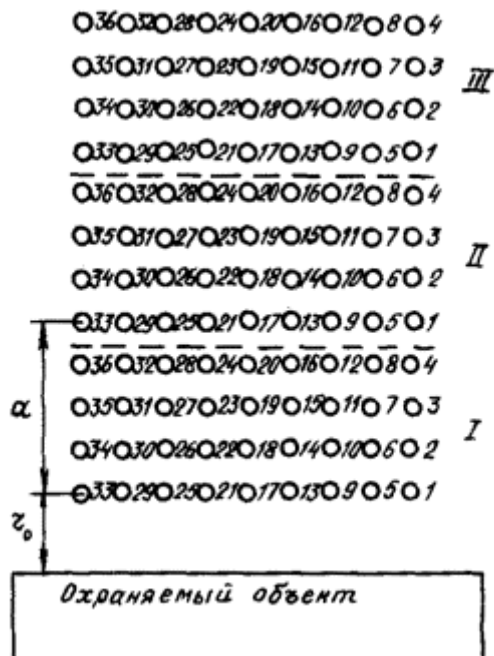


Рисунок 41 - Схема расположения зарядов.
1, 2, 3 ... 36 - очередность взрывания зарядов; I, II, III - блоки зарядов.

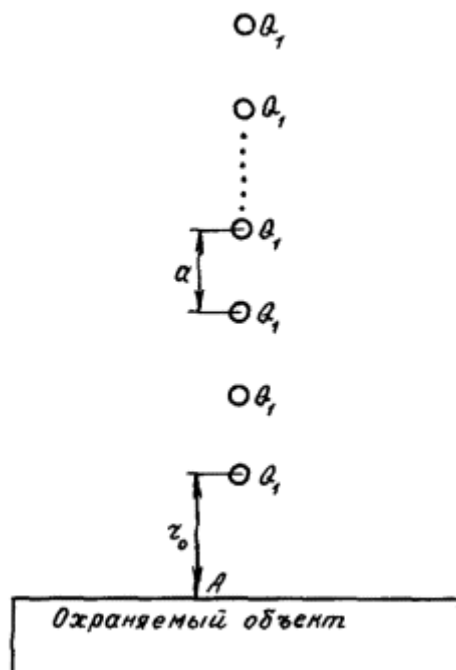


Рисунок 42 - Схема к расчету сейсмического эффекта при взрыве цепочки зарядов.

Для случая, когда охраняемый объект расположен параллельно цепочке зарядов, указанное условие будет выполняться при $m \geq 1,5$.

На практике ряды шпуровых (скважинных) зарядов целесообразно располагать перпендикулярно охраняемому объекту. В этом случае суммарная скорость колебаний в точке А определяется выражением:

$$v = K \cdot Q_1^{2\beta} \sqrt{\sum_{i=0}^{n=1} \frac{1}{r_i^n}} = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q_i}}{r_0} \right)^2 \sqrt{\beta}, \quad (7.23)$$

где Q_1 - масса одиночного заряда, кг;
 r_i - расстояние до i -го заряда, м.

$$\beta = \sum_{i=0}^{n=1} \frac{1}{(1+i \cdot m)^4}, \quad (7.24)$$

Если задана критическая скорость колебания грунта, то сейсмобезопасную массу единичного заряда можно определить по формуле:

$$Q_1 = \left[\left(\frac{v_{кр}}{K \cdot \sqrt{\beta}} \right)^{1/2} \cdot r_0 \right]^3 \quad (7.25)$$

где $v_{кр}$ - безопасная скорость колебания грунта в основании охраняемого объекта, см/с.

Использование простейших типов ВВ

Путем использования простейшего ВВ из аммиачной селитры и дизельного топлива можно существенно изменять интенсивность сейсмического эффекта. Это достигается изменением процентного содержания по массе ВВ дизельного топлива в зависимости от расстояния до охраняемого объекта. Удельный коэффициент сейсмичности в формуле в зависимости от процентного содержания дизельного топлива меняется следующим образом:

$$K_1 = K(0,25\alpha + 0,23), \quad (7.26)$$

где α - процентное содержание дизельного топлива.

Указанная зависимость справедлива в диапазоне $0,25 \% \leq \alpha \leq 3 \%$.

При содержании дизельного топлива меньше $0,25 \%$ отмечается неустойчивость детонации ВВ, а при содержании свыше 3% указанное ВВ по сейсмической активности приближается к штатным ВВ, т.е. в этом случае исключается возможность регулирования уровня сейсмического эффекта.

Преимущество использования предлагаемого заряда ВВ в сейсмоопасной зоне связано также с тем, что дальность разлета осколков раздробленного материала уменьшается, а интенсивность излучаемых ударных воздушных

волн снижается. В этом случае появляется возможность использования более дешевых легких укрытий (например, деревянных щитов).

Использование сейсмических экранов

Эффективным средством снижения сейсмического эффекта взрыва считается использование разного рода экранов, т.е. применение выемок или сред с отличными от взрываемого массива акустическими свойствами на пути распространения сейсмических волн.

При взрывной разборке строительной конструкции часто возникает необходимость в сохранении ее части, для этого используют особый тип экрана - щель предварительного откола. В этом случае сейсмический экран образуется в результате взрыва зарядов контурных шпуров (скважин), набуренных с определенным шагом. После взрыва этих зарядов образуется так называемая щель предварительного откола, чаще всего заполненная раздробленным материалом.

Эффективность экранирования или степень экранизации определяется выражением:

$$B = \frac{11+13,5}{r} \mu, \quad (7.27)$$

где r - расстояние от рассматриваемой точки за экраном до взрываемого заряда, м, (рис. 43);

μ - коэффициент, учитывающий влияние отношения I/N на степень экранизации (I - глубина скважины, N - глубина экрана), принимают согласно табл. 27.

Таблица 27

Коэффициент, учитывающий влияние отношения I/N на степень экранизации

| | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I/N | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 1,6 |
| μ | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |

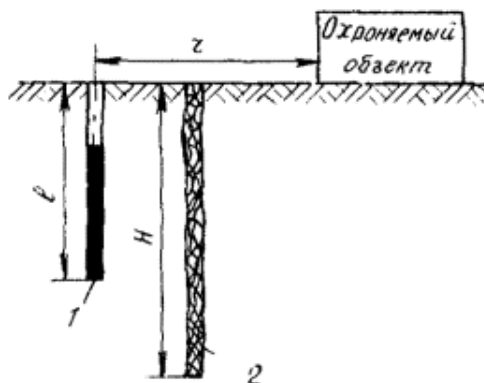


Рисунок 43 - Схема расположения заряда и щели предварительного откола:

1 - заряд ВВ; 2 - щель предварительного откола.

Большее значение постоянного коэффициента μ относится к взрывам в крепких скальных породах или в высокопрочных бетонах. В слабых известняках и песчаниках следует пользоваться меньшим значением постоянного коэффициента.

Окапывание фундаментов рассматривается как наиболее простой способ экранирования (рис. 44). В первом приближении экранирование в рассматриваемом случае связано с тем, что волна, распространяясь в какой-либо точке за экраном, проходит больший путь, чем при отсутствии экрана. В этом случае выражение для степени экранирования будет иметь вид:

$$B = \left(\frac{r + \Delta r}{r} \right)^{1,5}, \quad (7.28)$$

где r - дополнительное расстояние, которое проходит самый короткий сейсмический луч при огибании траншеи, м.

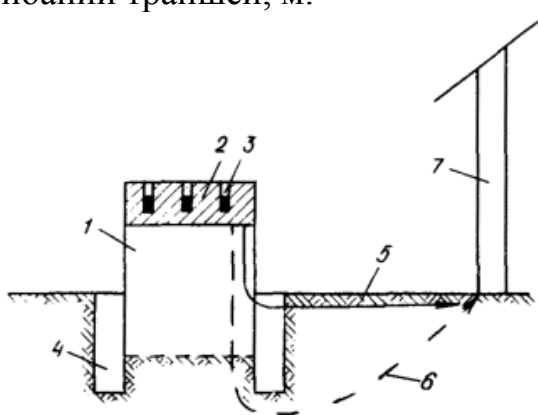


Рисунок 44 - Схема окапывания разрушаемого взрывом фундамента:
 1 - фундамент; 2 - снимаемый взрывом слой; 3 - шпуровой заряд;
 4- траншея; 5 - луч распространяющейся сейсмической волны при отсутствии экрана; 6 - луч распространяющейся сейсмической волны при окапывании фундамента; 7 - охраняемый объект.

Степень экранизации определяется выражением:

$$B = \left(\frac{\sqrt{r^2 + h^2} + h}{r} \right)^{1,5}, \quad (7.29)$$

где h - глубина траншеи, м.

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/RTM36988Rukovodstvopoproe.html>

7.6.2 Снижение ударно-воздушного действия взрыва.

При оптимальной длине забойки в случае взрыва шпуровых зарядов единственным существенным источником УВВ является взрыв магистрали ДШ. При взрыве большого количества шпуров масса заряда ВВ в сети ДШ может достигать нескольких сотен граммов.

Самым эффективным средством снижения уровня воздействия УВВ при взрыве детонирующего шнура является присыпка его слоем песка. Слой

песка мощностью 5 - 8 см обеспечивает снижение давления в УВВ до трех раз.

Эффективным средством снижения интенсивности является КЗВ. При КЗВ зарядов под Q_3 следует понимать массу эквивалентного заряда одной группы. Учитывая, что взрывные работы производятся в близкой зоне, где продолжительность положительной фазы не превышает 10 мс, можно считать, что при замедлении 25 мс и более УВВ от отдельных групп зарядов полностью разделяются. При интервале замедления между группами 10 - 15 мс радиус опасной зоны должен быть увеличен в 1,3 раза. К снижению интенсивности УВВ и, соответственно, уменьшению радиуса опасной зоны приводит использование защитных укрытий места взрыва. Использование газонепроницаемых укрытий типа домиков, сплошных щитовых металлических или деревянных укрытий и других, обеспечивающих безопасность по разлету кусков взорванной породы, позволяет снизить радиус опасной зоны в два раза. При использовании в качестве укрытия передвижного локализатора санного типа радиус опасной зоны может быть уменьшен в 1,5 раза.

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/RTM36988Rukovodstvopoproe.html>

7.7 Контурное взрывание на карьерах.

Контурное взрывание - способ производства взрывных работ, при котором достигается максимальное приближение фактического профиля выработок и выемок к проектному при соблюдении сохранности окружающего массива горных пород. Применяется в горном деле при проведении выработок, в гидротехническом и транспортном строительстве при сооружении тоннелей, камер; на карьерах для создания устойчивого, ненарушенного борта. Различают предварительное и последующее оконтуривание. При предварительном щелеобразовании вначале взрывают заряды в оконтуривающих скважинах, а затем основные, расположенные по всему взрываемому блоку. При последующем оконтуривании заряды ВВ скважинах, расположенных по контуру, взрывают после основного взрыва.

Преимущества контурного взрывания:

- уменьшение объема «переборов» породы за проектным контуром;
- повышение устойчивости откосов уступов, выемок и горных выработок.

Недостатки контурного взрывания:

- повышение объема буровых работ;
- необходимость более строгого контроля за расположением и направлением скважин в процессе бурения.

Лучшие результаты дает применение предварительного щелеобразования. При этом до взрыва основных зарядов дробления по проектному контуру создается экранирующая щель. Наличие экранирующей щели позволяет снизить в 2–4 раза напряжения во фронте волны сжатия и уменьшить ширину зоны деформаций. Экранирующая щель по проектному контуру создается

путем одновременного взрывания ряда сближенных оконтуривающих зарядов. Заряды располагаются в скважинах равномерно по всей длине с радиальным зазором, который иногда заполняют сыпучей забойкой. Конструктивно могут использоваться заряды из гирлянд, состоящих из патронированных, шланговых зарядов сыпучих ВВ в оболочках. Наличие воздушного зазора или пористой забойки способствует гашению ударных волн. Основными параметрами, формирующими условия контурного взрывания являются: расстояние между зарядами, тип применяемого ВВ, плотность заряжания, конструкция заряда. Линейная масса заряда в зависимости от диаметра скважин, расстояния между контурными зарядами и коэффициента крепости пород может приниматься по данным табл. 28. Расстояние между скважинами контурного ряда можно определять по формуле:

$$Q = 22 \cdot d_3 \cdot k_3 \cdot k_y, \quad (7.30)$$

где d_3 - диаметр заряда, м;

k_3 - коэффициент зажима;

k_y - коэффициент геологических условий.

Таблица 28

Линейная масса заряда в зависимости от диаметра скважины, расстояния между контурными зарядами и коэффициента крепости пород

| 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 |

7.8 Взрывные работы при добыче природного камня

При добыче штучного камня, предназначенного для изготовления тесаных и полированных изделий, не допускающих наличия волосяных трещин и ожогов, применяют дымный порох. Отделение штучного камня от массива производится взрыванием шпуровых зарядов при трех обнаженных поверхностях.

При расположении шпуров следует учитывать заданные размеры отрываемого блока, крепость породы, наличие или отсутствие трещин, кливажа и контактов между естественными отдельностями. Расстояние между шпурами

в ряду подбирается опытным путем, начиная с 0,2-0,3 м. Диаметр шнура следует принимать не более 35 мм.

Расчет суммарного веса зарядов на отрыв блока производится по формуле:

$$Q = K \cdot V, \text{ кг} \quad (7.31)$$

где K -удельный расход пороха, кг/м³;

V -объем отрываемого блока, м³.

Величина K принимается для дымного пороха в пределах 0,05-0,3 кг/м³.

Вес заряда в одном шнуре принимают равным частному от суммарного веса зарядов на число шнуров и уточняют пробными взрывами.

Инициирование пороховых зарядов производят от пламени огнепроводного шнура или электровоспламенителя. Иницирующий конец шнура завязывают узлом и на сгибах надрезают.

Свободную от заряда часть шнура заполняют забоечным материалом, для чего на порох накладывают небольшой бумажный пыж, поверх которого помещают песчано - глиняную смесь, уплотняемую деревянным забойником.

Очередность взрывания рядов шнуров для полного отделения штучного камня от целика принимается по опыту работы данного предприятия. Она зависит главным образом от строения и физико-механических свойств разрабатываемых горных пород.

8.ВЗРЫВЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

8.1 Технологии проведения выработок с применением БВР

Горные выработки служат для транспортирования полезных ископаемых, материалов и др. грузов, для передвижения людей, вентиляции, водоотлива, прокладки электросиловых и осветительных кабелей.

К группе горизонтальных горных выработок относятся: штольни, туннели, квершлаг, штреки. Обычно они не бывают строго горизонтальными, а имеют уклон (0,005—0,02) для стока воды и облегчения транспортирования грузов.

Штольня — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ.

Туннель — горизонтальная горная выработка, имеющая два выхода на земную поверхность; в основные туннели используются для транспортных и гидротехнических сооружений.

Квершлаг — горизонтальная горная выработка, не выходящая на земную поверхность и проведенная в осн. по пустым породам вкrest их простирания, т. е. под прямым углом.

Штрек— горизонтальная горная выработка, проведенная по простиранию пласта и не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность; при горизонтальном залегании пласта штреки могут быть проведены в любом направлении.

По своему назначению и срокам службы горизонтальные горные выработки подразделяются на капитальные (туннели, штольни, квершлагги, выработки околоствольного двора, откаточные штреки) и подготовительные (откаточные и вентиляционные, штреки, орты, просеки и др.). Капитальные горизонтальные горные выработки обычно, проводятся по породе вне зоны активного горного давления. Подготовительные горизонтальные горные выработки проводятся по полезному ископаемому с подрывкой почвы или кровли или в однородном массиве (по породе или полезному ископаемому).

Форма поперечного сечения выбирается в зависимости от свойств окружающих пород, величины и направления горного давления, срока их службы, вида транспортных средств, материала и конструкции крепи. Она может быть прямоугольная, трапециевидная, полигональная, прямоугольная с полуциркулярным и коробчатая, подковообразная, арочная и круглая. Наибольшее распространение имеют сводчатая и трапециевидная формы. Размеры поперечного сечения горизонтальных горных выработок определяются габаритами подвижного состава, количеством рельсовых путей для транспорта горной массы, величиной зазоров между подвижным составом и крепью выработки, допускаемых правилами безопасности, способом передвижения людей.

Наиболее эффективным способом разработки скальных и полускальных пород является их взрывание. Взрывной способ применим в породах различной крепости и обеспечивает высокие скорости проходки.

При проведении подземных горных выработок основным является метод шпуровых зарядов. Шпуры в забоях с одной открытой поверхностью делят на врубовые, отбойные и контурные (рис 45).

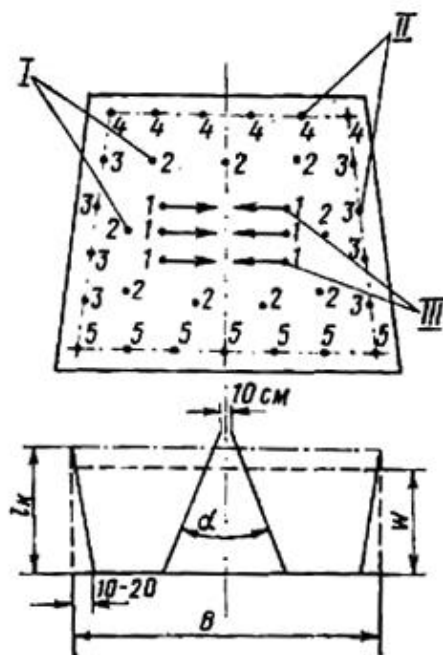


Рисунок 45 - Расположение шпуров:

I — отбойные шпуры; II — контурные шпуры; III — врубовые шпуры

Врубовые шпуры, предназначенные для образования дополнительной поверхности обнажения в забое, взрывают первыми. Образованное в результате взрыва зарядов врубовых шпуров углубление в забое горной выработки называют врубом.

Отбойные шпуры разрушают основную массу породы, когда имеется воронка, образованная взрывом врубовых шпуров III (рис. 45). Шпуры размещают так, чтобы на каждый шпур приходился примерно одинаковый объем взрывающей породы. Концы всех шпуров должны находиться в одной плоскости, перпендикулярной оси выработки. Длину отбойных шпуров назначают больше намеченной глубины заходки с учетом коэффициента использования шпура. В результате взрыва заряда стенки шпура разрушаются не по всей его длине. Донная часть шпура (так называемый «стакан») подвергается лишь некоторому расширению, и часть шпура оказывается неиспользованной. Отношение длины W использованной части шпура к его полной длине L называют коэффициентом использования шпура и определяют по формуле:

$$\eta = \frac{W}{L_k}, \quad (8.1)$$

В горизонтальных выработках η обычно составляет 0,8—0,9. Взрываема́я порода зажата окружающим горным массивом, поэтому целесообразно образовывать дополнительные поверхности обнажения, освобождающие породу от зажима и облегчающие условия ее взрывания. Для этого в первую очередь взрывают более глубокие врубовые шпуры, имеющие большие заряды, создавая в забое врубовую воронку.

Контурные шпуры служат для обеспечения правильной формы сечения выработки, сокращения переборов породы и перерасхода бетона при строительстве. Контурные шпуры располагают под углом 80—85° к плоскости забоя, чем и определяется удаление их устьев от контура выработки. Наиболее целесообразно в выработках полного сечения, закрепляемых постоянной обделкой, применять методы, обеспечивающие «гладкое» взрывание.

Шпуры бурятся при помощи пневматических бурильных машин ударно-поворотного действия, машин вращательно-ударного действия или электрических машин (вращательного действия). Для заряжания шпуров используются пневмозарядники и пневмозабойники.

Вспомогательные операции при проведении горной выработки включают: транспорт породы от забоя, освещение забоя, водоотвод. Выбор типа и грузоподъемности транспортных средств осуществляется в зависимости от конкретных условий проходки.

При проведении горной выработки в неустойчивых породах или в породах с большим притоком воды применяют специальные способы проходки. К ним относятся искусственное замораживание пород, проходка под сжатым воздухом, предварительное осушение, тампонирование окружающих пород.

8.2 Расчёт параметров БВР при обычном и гладком (контурном) взрывании

Расчет параметров буровзрывных работ производится в следующей последовательности:

1. Выбираем промышленное взрывчатое вещество.

В качестве взрывчатых веществ следует использовать только допущенные в установленном порядке к постоянному применению и опубликованные в Перечне /6/.

2. Принимаем диаметр, глубину бурения и коэффициент использования шпура (КИШ).

Диаметр шпуров принимается в зависимости от диаметра выбранного стандартного патрона взрывчатого вещества. При проведении опытных взрываний необходимо добиться, чтобы КИШ был максимально возможным в данных горно-геологических условиях. При проведении горных выработок по породам с коэффициентом крепости $f < 7$ коэффициент использования шпуров должен находиться в пределах 0,9-0,95, в более крепких породах – 0,9 и при проведении выработок с двумя открытыми поверхностями 0,95-1,0.

3. Принимаем тип и количество используемого бурового оборудования.

Тип и количество бурового оборудования принимается в зависимости от физико-механических свойств горных пород и поперечных размеров выработки в черне. Для проведения выработок с качественным оконтуриванием применяется буровое оборудование, позволяющее бурить шпуры максимально близко к проектному контуру выработки с минимальным углом наклона.

4. Определяем общее количество взрывчатого вещества на цикл (заходку) Порядок расчёта и формулы приведены в п 8.6.

5. Производим выбор типа вруба.

Взрывные работы при проходке горных выработок по породе, как правило, ведутся при наличии одной обнаженной поверхности. В этих условиях взрывание необходимо производить так, чтобы с помощью специального расположения врубовых шпуров (п. 8.7) образовать дополнительные свободные поверхности, облегчающие действие взрыва шпуровых зарядов отбойных шпуров и расширение выработки на полное сечение.

6. Определяется расчетное и фактическое количество шпуров на забой. Порядок расчёта и формулы приведены в п 8.8

7. Определяется масса заряда взрывчатого вещества на шпур и общее количество взрывчатого вещества на забой (п. 8.6).

9. Производится выбор конструкции заряда взрывчатого вещества в шпуре и типа забойки.

При выборе конструкции заряда взрывчатого вещества необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- патрон-боевик должен быть расположен первым от устья шпура.
- электродетонатор необходимо помещать в ближайшей к устью шпура торцевой части патрона-боевика так, чтобы дно гильзы электродетонатора было направлено к дну шпура.

10 . Рассчитываем интервал замедления и подбираем электродетонаторы. До настоящего времени нет общепризнанной теории короткозамедленного взрывания, поэтому оптимальные интервалы замедления определяются на основе проведения опытных взрывов. Приблизленно значения оптимального времени замедления $t_{\text{опт}}$, мс, можно определить по формуле:

$$\tau_{\text{опт}} = K_{\text{сл}} \left(\frac{31,5W}{\sqrt[4]{1,3f}} - 6\sqrt[4]{1,3f} + 9,6 \right), \quad (8.2)$$

где $K_{\text{сл}}$ — поправочный коэффициент, величина которого зависит от принятой схемы расположения зарядов относительно свободной поверхности: для последовательного взрывания двух зарядов, из которых первый взрывается при одной, а второй — уже при двух свободных поверхностях; $K_{\text{сл}}=3,3$; для последовательного взрыва двух зарядов, из которых каждый взрывается при двух свободных поверхностях, $K_{\text{сл}}=1,0$; для последовательного взрыва зарядов, расположенных в один ряд вдоль уступа (первый взрывается при двух, а следующий — при трех свободных поверхностях) $K_{\text{сл}}=0,7$; при взрывании зарядов на уступах Г-образной формы (каждый заряд взрывается при трех свободных поверхностях) $K_{\text{сл}}=0,5$.

11. Производим расчет электровзрывной сети.

Расчет электровзрывной сети производится в следующем порядке:

- выбираем схему соединения зарядов в ЭВЦ,
- задаёмся типом взрывного прибора и проводов для монтажа ЭВЦ ;
- рассчитываем общее сопротивление ЭВЦ;
- рассчитываем величину постоянного (переменного) тока в ЭВЦ;

Если полученное значение тока в ЭВЦ удовлетворяют по условию безотказного взрывания электродетонаторов, то принимается данная схема, в противном случае производим ее корректировку или принимаем взрывной прибор другого типа с более высоким напряжением.

12. Разрабатываем необходимые охранные мероприятия, указываем места укрытий взрывников и расстановку постов охраны.

На время зарядания допускается замена постов аншлагами с надписями, запрещающими вход в опасную зону. В подземных выработках с исходящей вентиляционной струей воздуха, по которым направляются продукты взрыва, посты не выставляются. Эти выработки должны быть ограждены аншлагами с надписями, запрещающими вход в опасную зону. Аншлаги должны выставляться на расстоянии, при котором содержание ядовитых продуктов взрыва снижается до безопасных концентраций. Эти расстояния определяются опытным путем на основании результатов отбора проб воздуха при максимальном количестве взорванных в забое взрывчатых веществ.

13. Определяем время проветривания забоя.

Для определения времени, необходимого для проветривания забоя после взрываний зарядов взрывчатого вещества, в ходе проведения опытных взрываний производится анализ проб воздуха. Перед допуском людей в выработку после взрывных работ содержание вредных газов в пересчете на

условный оксид углерода не должно превышать 0,008% по объему. Такое разжижение вредных газов должно достигаться не более чем за 30 мин после взрывания зарядов.

14. Разработка паспорта буровзрывных работ.

По результатам произведенных расчетов производится не менее трех опытных взрывов, уточняющих параметры паспорта буровзрывных работ. Результаты опытных взрывов оформляются актом, подписанным членами комиссии, производившими опытные взрывы. На основании акта составляется паспорт буровзрывных работ (п. 8.9).

Паспорт буровзрывных работ считается действительным за весь период времени ведения буровзрывных работ в данной выработке, если не возникает необходимость его переработки в связи с изменившимися горно-геологическими и горнотехническими условиями.

8.2.1 Расчет параметров БВР при гладком (контурном) взрывании.

Контурное взрывание – это технологический прием, при котором достигается высокое качество оконтуривания выработок, характеризующееся незначительными переборами пород, сравнительной гладкой поверхностью боков и кровли выработки и малой глубиной нарушения законтурного массива. Это достигается уменьшением энергии взрыва и рациональным расположением шпуров по проектному контуру выработки. Уменьшение концентрации ВВ на 1 м шпура достигается за счет применения ВВ с высокой работоспособностью ($300 - 450 \text{ см}^3$) в патронах малого диаметра (21 – 24 мм) или применения ВВ в патронах обычного диаметра (32 – 36 мм), но малой работоспособности ($260 - 300 \text{ см}^3$), а также комбинации двух первых способов.

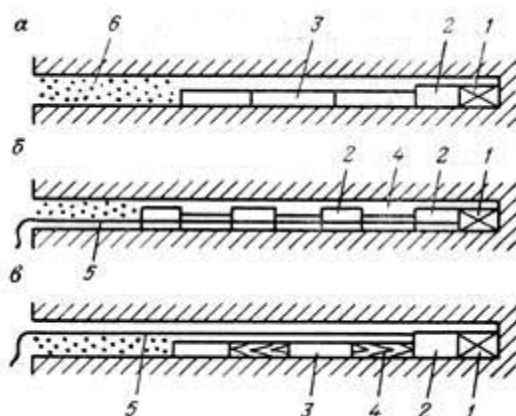


Рисунок 46 - Конструкции зарядов в контурных шпурах.

а – с радиальным зазором; б – с осевым зазором; в – с радиально-осевым зазором. 1 – боевик; 2 – патрон ВВ нормального диаметра; 3 – патрон ВВ уменьшенного диаметра; 4 – деревянный вкладыш; 5 – провода; 6 – забойка.

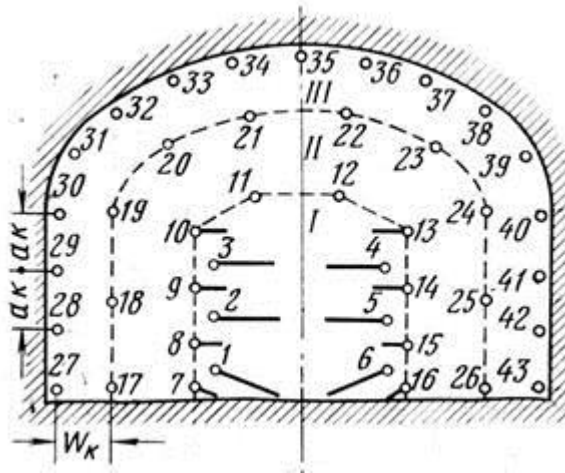


Рисунок 47 - Схема расположения шпуров при контурном взрывании:
I – врубовые; II – отбойные; III – контурные

8.3 Выбор взрывчатых веществ

Выбор вида ВВ и определение его количества, необходимого для взрывания на глубину заходки, обуславливаются крепостью породы, влажностью выработки, глубиной заходки, требуемой крупностью кусков и др. Выбор ВВ производится по перечню рекомендуемых взрывчатых веществ. Наибольшее распространение получили ВВ на основе аммиачной селитры порошкообразные в патронированном виде (табл. 29 и табл. 30). При ориентировочном выборе ВВ для применения в относительно монолитных породах можно руководствоваться коэффициентом крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова: при $f=12\div14$ наиболее часто применяют аммонит № 6ЖВ, в породах с $f>14\div17$ находит применение детонит М, а в очень крепких трудно-взрываемых породах применяют скальный аммонит №1. Следует учитывать, что детонит М и скальный аммонит № 1 являются дорогостоящими ВВ по сравнению с аммонитом № 6ЖВ. Кроме того, детонит М более опасен в обращении. Поэтому при наличии в забое хорошо развитой трещиноватости при весьма крепких породах (при $f>14$) стремятся найти возможность использования аммонита № 6ЖВ, прибегая к некоторому увеличению удельного расхода ВВ.

Таблица 29

Порошкообразные взрывчатые вещества и заряды, предназначенные для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок шахт (рудников), не опасных по газу или пыли

| Наименование | Группа совместимости (класс ВВ) | ГОСТ (ТУ) | Условия применения (водоустойчивость), назначение |
|---|---------------------------------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Аммонал (патронированный) | D | ГОСТ 21984-76 | Сухие и обводненные шпуровые |
| Аммонал и аммонит № 6ЖВ в полиэтиленовом пакете | D | ТУ 84-08628424-712-99 | Дробление негабарита |

Продолжение таблицы 29

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----------|-------------------------|--|
| Аммонал М-10 (патронированный) | <i>D</i> | ТУ 7511903-577-92 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонал М-10 (в полиэтиленовой оболочке $d = 45, 60, 90$ мм) | <i>D</i> | ТУ 3-22330-90 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонал скальный № 1 (патронированный) | <i>D</i> | ГОСТ 21985-76 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонал Э-5 (патронированный) | <i>D</i> | ТУ 7508906.102-93 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонит 6ЖВ (порошок в мешках) | <i>D</i> | ГОСТ 21984-76 | Сухие шпуры, скважины |
| Аммонит 6ЖВ (патронированный, $d = 31 - 32, 36 - 37$ мм) | <i>D</i> | ГОСТ 21984-76 | Сухие и осушенные шпуры, скважины |
| Аммонит 6ЖВ (в полиэтиленовой оболочке $d = 60, 90$ мм) | <i>D</i> | ТУ 84-1026-84 | Сухие и обводненные скважины |
| Аммонит 6ЖВ (в полиэтиленовой оболочке $d = 60, 90$ мм) | <i>D</i> | ТУ 7276-004-07510709-97 | Сухие и обводненные скважины |
| Аммонит ДНН и патроны из него $d = 90$ мм в полиэтиленовой оболочке | <i>D</i> | ТУ 7276-006-07510709-98 | Сухие и обводненные (для патронов ВВ) скважины |
| Детонит М | <i>D</i> | ГОСТ 21986-76 | Сухие и осушенные шпуры |
| ЗКВК | <i>D</i> | ТУ 84-1068-85 | Заряды контурного взрывания |

В выработках, опасных по газу и пыли, применяют специальные предохранительные ВВ, обеспечивающие невозможность вовлечения во взрыв атмосферы выработки.

Таблица 30

Предохранительные взрывчатые вещества и заряды, предназначенные для взрывания в шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли

| Наименование | Группа совместимости (класс ВВ) | ГОСТ (ТУ) | Условия применения (водоустойчивость), назначение |
|--|---------------------------------|------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Аммонит АП-5ЖВ | <i>D</i> III класс | ГОСТ 21982-76 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонит ПЖВ-20 | <i>D</i> IV класс | ГОСТ 21982-76 | Сухие и осушенные шпуры |
| Аммонит Т-19 | <i>D</i> IV класс | ГОСТ 21982-76 | Сухие и осушенные шпуры |
| Ионит | <i>D</i> VII класс | ТУ 84-922-81 | Наружные заряды (разбучивание, перебивание деревянных стоек крепи) |
| Угленит П12ЦБ-2М | <i>D</i> VI класс | ТУ 2.00173769.024-94 | Сухие и осушенные шпуры |
| Угленит П12ЦБ-2М, патроны в полиэтиленовых | <i>D</i> VI класс | ТУ 2.00173769.024-94, с изменением | Сухие и осушенные шпуры |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| оболочках | | | |
| Угленит 13П и 13П/1 | <i>D</i> V класс | ТУ 12.0174086-002-94 | Сухие и осушенные шпуры |
| Э-6 | <i>D</i> V класс | ГОСТ 21983-76, с изменениями | Сухие и осушенные шпуры |

8.4 Диаметр и глубина основного комплекта шпуров

В практике проходки подземных горных выработок применяют стандартные патроны ВВ диаметрами 32, 36, 40 и 45 мм. В соответствии с этим диаметр шпуров принимают на 5-6 мм больше диаметра патрона ВВ. Диаметры буровых коронок составляют 36, 42, 46 и 52 мм.

Из анализа проведения БВР установлено, что с увеличением диаметра патронов ВВ повышается бризантность ВВ, скорость передачи детонации, мощность энергии взрыва, что обеспечивает увеличение коэффициента использования шпура, сокращение расхода ВВ, более полное сгорание ВВ при взрыве, а следовательно, уменьшение количества вредных газов. Однако при чрезмерном увеличении диаметра патронов ВВ и шпуров резко снижается скорость бурения (особенно при бурении ручными перфораторами), ухудшается точность оконтуривания профиля выработки, увеличиваются неравномерность дробления породы и пылеобразование. При выборе диаметра шпуров учитываются технические возможности буровых машин применимых в данных горных породах, диаметр патронов ВВ, площадь сечения выработки, требуемая скорость ее проведения, качество оконтуривания и другие факторы. Диаметр шпуров, которые могут быть пробурены бурильными машинами в породах различной крепости приведены в табл.8 и 9. При применении патронированного ВВ диаметр шпура принимают на 4 - 7 мм больше диаметра патрона ВВ.

Одним из решающих факторов, определяющих трудоемкость и скорость проведения выработок, является глубина шпуров. С ее увеличением уменьшаются потери времени на перестановку бурового оборудования (особенно тяжелого), сокращаются задержки, связанные с заряданием, взрыванием и проветриванием забоя, и улучшаются условия использования погрузочных машин, которые грузят большой объем породы с одного подхода к забюю. Одновременно вследствие увеличения диаметра шпуров возрастает объем выбуриваемой породы и уменьшается скорость бурения в единицу чистого времени.

Глубину шпуров можно принимать исходя из площади поперечного сечения выработки и крепости пород (табл. 31).

Глубина шпуров

| Категория пород по СНиП | Коэффициент крепости (а) | Глубина шпуров, м | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | $S \leq 12 \text{ м}^2$ | $S > 12 \text{ м}^2$ |
| III – IV | 1,5 – 3 | 2 – 3 | 2,5 – 3,5 |
| V – VI | 4 – 6 | 1,5 – 2 | 2,2 – 2,5 |
| VII – XI | 7 – 20 | 1,2 – 1,8 | 1,5 – 2,2 |

При гладком взрывании радиальный зазор между патроном ВВ и стенками контурных шпуров могут быть увеличены до 15 – 20 мм.

С увеличением площади сечения выработки целесообразно принимать большие значения диаметра шпуров, так как они способствуют увеличению скорости проходки. Однако при этом следует учитывать требования к качеству оконтуривания выработки, которое улучшается при уменьшении диаметра шпуров. При наличии противоречивых требований к диаметру шпуров предпочтение следует отдавать шпурам с большим диаметром, а в общем случае решать вопрос о выборе рационального диаметра шпура путем технико-экономического сравнения альтернативных вариантов.

8.5 Удельный расход ВВ и количества ВВ на цикл

Расчетный удельный расход ВВ можно определять по следующим формулам:

1. Для выработки, площадь сечения которой меньше 20 м^2 (формула П. Я. Таранова)

$$q_p = 0,213 \cdot \rho \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\sqrt{0,2 \cdot f} + \frac{1}{\sqrt{S}} \right)^2 K_k \cdot e, \quad (8.3)$$

где ρ – плотность породы, т/м^3

f – коэффициент крепости горной породы по шкале М.Н. Протодьяконова;

S – площадь поперечного сечения выработки м^2 ;

K_k – коэффициент учитывающий требуемую степень дробления породы ($K_k=1,1 - 1,3$);

e – коэффициент относительной работоспособности, учитывающий тип взрывчатого вещества (эталон аммонит № 6 ЖВ).

2. Для выработок с площадью сечения более 20 м^2 в породах с коэффициентом крепости не более 16-18 (формула ЦНИИСа Минтрансстроя):

$$q_p = \left(0,3 \cdot \sqrt{f} + \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \cdot K_n \cdot e' \cdot K_\Delta \cdot K_m, \quad (8.4)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий влияние диаметра патрона шпурового заряда (табл. 6).

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, относительно аммонита скального №1;

K_{Δ} – коэффициент плотности заряжения, принимаемый при механизированном заряжении – 1,0, при ручном – 1,1;

K_m – коэффициент учитывающий трещиноватость породы (табл. 32).

Таблица 32

Коэффициент влияния диаметра патрона шпурового заряда

| | | | | | | | |
|------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| d_n , мм | 28 | 30 | 32 | 36 | 40 | 42 | 45 |
| K_n | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,0 | 0,95 | 0,92 | 0,90 |

Таблица 33

Коэффициент учитывающий трещиноватость породы

| | | | | | |
|-----------------------------|-----------|----------|-----|--------|----------|
| Категория по трещиноватости | I | II | III | IV | V |
| K_m | 0,75-0,85 | 0,88-0,9 | 0,9 | 0,95-1 | 1,0-1,15 |

3. Исходя из удельного расхода эталонного ВВ (аммонита №6 ЖВ) из выражения :

$$q_p = q_{\text{э}} \cdot e, \quad (8.5)$$

где $q_{\text{э}}$ - удельный расход аммонита № 6 ЖВ, определяемого с учетом коэффициента крепости и площади поперечного сечения (табл. 34).

Таблица 34

Удельный расход аммонита № 6 ЖВ

| | | | | | | |
|------------------------------------|--|------|-------|-------|-------|----------|
| Коэффициент крепости пород | Расход ВВ (кг/м ³) при площади поперечного сечения выработки, м ² | | | | | |
| | до 5 | до 7 | до 10 | до 15 | до 20 | свыше 20 |
| В шахтах не опасных по газу и пыли | | | | | | |
| 1,5 (уголь) | 1,5 | 1,23 | 0,95 | 0,75 | 0,55 | 0,50 |
| 2-3 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 0,85 | 0,70 | 0,50 |
| 4-6 | 1,92 | 1,74 | 1,55 | 1,40 | 1,25 | 0,90 |
| 7-9 | 3,00 | 2,73 | 2,45 | 2,20 | 1,95 | 1,30 |
| 10-14 | 4,20 | 3,83 | 3,45 | 3,18 | 2,90 | 2,10 |
| 15-18 | 4,50 | 4,28 | 4,05 | 3,83 | 3,60 | 3,00 |
| 19-20 | 5,00 | 4,75 | 4,50 | 4,25 | 4,00 | 3,35 |

1. Расчетный удельный расход определяется также по формуле:

$$q = q_1 \cdot K_c \cdot K_s \cdot e, \quad (8.6)$$

где q_1 – удельный расход при стандартных условиях, кг/м³;

K_c – коэффициент, учитывающий структуру породы (табл. 10);

K_s – коэффициент зажима породы.

Удельный расход при стандартных условиях (q_1) принимается в зависимости от свойств пород (табл. 35).

Таблица 35

Характеристика свойств пород

| Характеристика пород | Коэффициент крепости, f | q_1 , кг/м ³ |
|---|-------------------------|---------------------------|
| Очень крепкие кварцевые песчаники; очень крепкие граниты и гнейсы; исключительные по крепости известняки и песчаники | 15-20 | 1,2-1,5 |
| Плотные граниты; кварцитовые песчаники; диориты, мелкозернистые, монолитные песчаники и известняки; гнейсы | 10-15 | 1,0-1,1 |
| Некрепкий гранит; плотные песчаники и известняки; колчеданы; крепкие мраморы и доломиты | 8 | 0,7-0,8 |
| Крепкие песчано-глинистые и песчанистые сланцы, сланцевые и глинистые песчаники; крепкие глинистые сланцы с включением колчедана; мягкие песчаники и известняки | 4-6 | 0,4-0,6 |

Таблица 36

Коэффициент структуры для различных пород

| | |
|--|-----|
| Вязкие, упругие, пористые породы | 2,0 |
| Дислоцированное, неправильное залегание с мелкой трещиноватостью | 1,4 |
| Сланцевые с напластованием перпендикулярным к направлению шпура | 1,3 |
| Массивные и плотные | 1,0 |
| Мелкослоистые | 0,8 |

Коэффициент зажима породы (K_s) при одной обнаженной поверхности вычисляют по формуле:

$$K_s = \frac{12,5}{\sqrt{S}}, \quad (8.7)$$

При двух обнаженных поверхностях $K_s=1,2 - 1,5$.

Количество ВВ на цикл (общее количество ВВ на забой):

$$Q = q_p \cdot S \cdot l_{ш}, \quad (8.8)$$

где q_p – расчетный удельный расход, кг/м²;

S – площадь поперечного сечения выработки, м²;

$l_{ш}$ – средняя длина шпуров, м.

8.6 Типы врубов

В практике проведения буровзрывных работ выработано большое число типов врубов, соответствующих разнообразным условиям подземных выработок (рис. 48). Эти врубы могут быть разделены на следующие основные группы. Односторонние врубы из наклонных шпуров, оконтуривающие врубовую воронку с одной стороны, применяют в породах с явно выраженной слоистостью или трещиноватостью. Взрывание врубовых шпуров, располагаемых поперек разделенных трещинами слоев или пластов, вызывает их перебивание. В зависимости от расположения пластов породы используют верхний, нижний или боковой вруб.

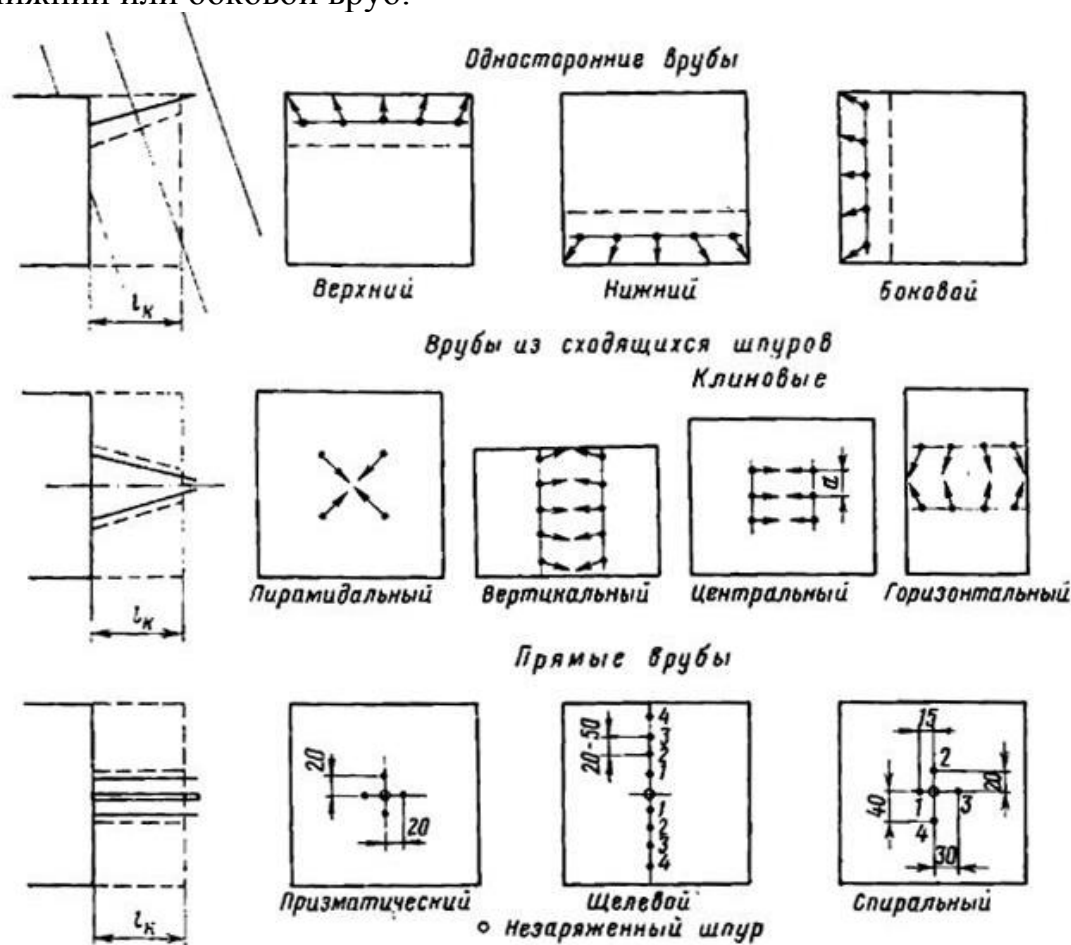


Рисунок 48 - Виды врубов

Врубы из сходящихся шпуров оконтуривают врубовую воронку с двух и более сторон. Вертикальный и горизонтальный клиновые врубы пригодны почти во всех породах. Частным случаем вертикального клинового вруба является весьма распространенный центральный клиновый вруб. Пирамидальный вруб, дающий наибольший эффект, применяют преимущественно в породах высокой крепости и при проходе вертикальных стволов.

Врубы из сходящихся шпуров обеспечивают хороший выброс породы из врубовой воронки и эффективное использование отбойных шпуров. Их недостатком является большой разброс взорванной породы, что часто

нарушает устойчивость крепи и снижает производительность механизированной погрузки. Кроме того, глубина заходки при врубах из сходящихся шпуров ограничена возможностью бурения наклонных шпуров в выработках небольших размеров (особенно в крепких породах, угол вруба α в которых достигает $60\text{—}70^\circ$).

Прямые врубы из шпуров, параллельных оси выработки, лишены этого недостатка и не ограничивают глубины заходки. Роль дополнительной поверхности обнажения для врубовых шпуров в этом случае играют незаряженные шпуры. В результате взрыва разрушаются перегородки между шпурами и образуется воронка в виде призмы (призматический вруб) или щели (щелевой вруб). Все шпуры призматического вруба (4—8 шт.) взрывают одновременно; при щелевом врубе взрывание шпуров выполняют в последовательности, указанной на рис. При спиральном врубе очередность взрывания шпуров обеспечивает последовательное расширение вруба.

Вместо холостых шпуров с успехом могут быть применены опережающие скважины диаметром 100 мм и более, образующие большую поверхность обнажения и способствующие повышению коэффициента использования врубовых шпуров и увеличению глубины заходки. Повышение коэффициента использования шпура может быть достигнуто также короткозамедленным взрыванием врубовых шпуров.

Прямые врубы независимо от сечения выработки обеспечивают возможность получения заходки необходимой глубины и требуемую кучность взорванной породы. К их недостаткам можно отнести некоторое повышение расхода ВВ и необходимость бурения дополнительных холостых шпуров или скважины.

Врубовые шпуры забуривают примерно на 10% глубже отбойных с тем, чтобы получающаяся врубовая воронка имела глубину, не меньшую глубины забуривания отбойных шпуров, что способствует увеличению коэффициента их использования. При выборе расположения шпуров учитывают особенности имеющегося оборудования и создают условия для его наиболее удобного применения.

8.7 Параметры шпуров и конструкции шпуровых зарядов

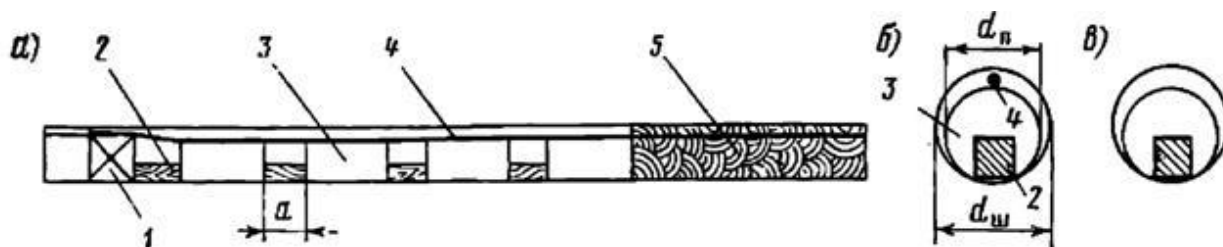


Рисунок 49 - Конструкция заряда контурного шпура при гладком взрывании

Условия применения различных врубов при проведении горизонтальных и наклонных выработок

| Наименование и характеристика вруба | Условия применения | |
|--|--|---|
| | Характер сечения выработки | Напластование и крепость пород |
| Пирамидальный (рис.70). Врубовые шпуров образуют четырехгранную пирамиду в центральной части забоя | Во всех подготовительных И капитальных выработках с поперечным сечением 4 м ² и более | Плотные монолитные крепкие породы; слоистые породы различной крепости при крутом падении |
| Вертикальный, центральный клиновой (рис.70). В центральной части забоя по вертикали шпуров образуют вертикальный клин | Во всех подготовительных И капитальных выработках с поперечным сечением 6 м ² и более | Породы однородного строения при крутом расположении трещин или напластований |
| Горизонтальный клиновой (рис.70). Врубовые шпуров в центральной части забоя образуют горизонтальный клин | Во всех подготовительных И капитальных выработках с поперечным сечением 4 м ² и более | Породы однородного строения при горизонтальном или пологом расположении трещин и напластований |
| Нижний (рис.70). Врубовые шпуров пересекают слои и трещины примерно под прямым углом | То же | Слоистые трещиноватые породы средней крепости при падении трещин и напластований на забой |
| Верхний (рис.70). Врубовые шпуров пересекают слои и трещины примерно под прямым углом | То же | Породы однородного строения при горизонтальном или пологом расположении трещин и напластований на забой |
| Боковой (рис.70). Врубовые шпуров, направленные к контакту пород, составляют вертикальный ряд | То же | Слоистые крутопадающие породы при проведении выработок параллельно контакту пород |
| Вертикальный щелевой (рис.70). Параллельные врубовые шпуров образуют вертикальный ряд; расстояние между соседними шпурами 10-20 см. | В горизонтальных и восстающих выработках малого сечения | Монолитные породы средней крепости |
| Вруб с котловым зарядом (рис.75). В центре забоя располагают два параллельных врубовых шпура на расстоянии 30 см друг от друга и глубиной в соотношении 2:3 | То же | Монолитные крепкие породы |
| Призматический (рис.70). Вруб состоит из параллельных и близко расположенных шпуров, пробуренных перпендикулярно к плоскости забоя. Центральный шпур не заряжается | В горизонтальных и наклонных выработках | То же |

8.8 Паспорт буровзрывных работ

По действующим правилам все взрывные работы ведутся по технической документации. К ней относятся проекты и паспорта. Рабочие и технический персонал, осуществляющие буровзрывные работы, должны быть ознакомлены с такими документами под роспись. Проекты составляются для взрывания скважинных, камерных и котловых зарядов, а также для различных специальных взрывных работ.

Для проведения подземных или открытых разведочных выработок составляются паспорта буровзрывных работ (рис. 50), которыми регламентируется вся технология взрывных работ и работ по бурению шпуров. Они составляются на основании результатов не менее трех опытных взрываний. Паспорта утверждаются руководителем предприятия, которое ведет взрывные работы. В них указываются: характеристика горной выработки и горных пород; способ взрывания; тип ВВ и способ заряжания; схема расположения шпуров; число, глубина и диаметр шпуров; масса и конструкция зарядов и боевиков; средства инициирования и последовательность взрывания зарядов; материал забойки и ее длина; длины зажигательных трубок и контрольного отрезка огнепроводного шнура; схема монтажа электровзрывной (взрывной) сети с указанием ее длины (сопротивления); источник электрического тока (при электровзрывании); величина радиуса опасной зоны; места укрытия взрывника и рабочих во время проведения взрывных работ; расстановка постов охраны или расположение предупреждающих и запрещающих знаков на границе опасной зоны; время проветривания (для шурфов без рассечек, кроме того, другие необходимые сведения о параметрах и режимах проветривания; для всех других выработок составляются самостоятельные документы — паспорта проветривания).

Разовые взрывы зарядов в шпурах, например, для доведения контуров выработки до размеров, предусмотренных проектом, выравнивания забоя, расширения выработки, а также в целях ликвидации отказов разрешается проводить по схемам. Схему составляет и подписывает представитель технического надзора, осуществляющий непосредственное руководство взрывными работами. В ней указываются расположение шпуров, масса и конструкции зарядов, места расстановки постов и укрытия взрывника и другие.

(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 отработке горизонтальных защитных слоев и т.п.

В отдельных случаях, в частности при оформлении порталов и при обрушении потенциально неустойчивых массивов, этот метод применяют в комбинации с горизонтальными скважинами подбоя, когда с.п.п. превышает величину, преодолеваемую зарядами контурных скважин. Скважины подбоя на 1 м недобуривают до плоскости расположения контурных скважин.

Расстояние между скважинами (м) при контурном взрывании:

$$a = 22d_3k_3k_y, \quad (9.1)$$

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 $k_3=1,1$. Коэффициент геологических условий при отсутствии ярко выраженной системы напластовываний или трещиноватости $k_y=1,0$; при угле откола, равном 90° , $k_y=0,9$; при угле $20 - 70^\circ$ $k_y=0,85$; при горизонтальном залегании, а также при совпадении геологических плоскостей с щелью $k_y=1,15$.

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

$$L_k = H / \sin \alpha + l_{\text{пер}} + 10d, \quad (9.2)$$

где α - 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

$$l_{\text{заб.к}} = h \geq 2 \text{ м}, \quad (9.3)$$

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

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

Линейная масса заряда (кг/м) ориентировочно может быть подсчитана по формуле:

$$p = 0,2n_1 + 0,3, \quad (9.4)$$

где n_1 - расстояние между трещинами, м.

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

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).

9.2 Проведение взрывов на выброс и сброс

9.2.1 Взрывание на выброс

Выемки заданного профиля образуются взрыванием зарядов, рассчитанных на выброс породы. Величина сосредоточенного заряда выброса определяется по формуле М. М. Борескова:

$$Q = K_B W^3 (0,4 + 0,6n^3), \text{ кг}, \quad (9.5)$$

где K_B - расчетный удельный расход ВВ для зарядов выброса, кг/м³;
 W - линия наименьшего сопротивления, м;
 n - показатель действия взрыва;

$$n = \frac{r}{W}, \quad (9.6)$$

r - радиус воронки взрыва, м.

Для образования выемок взрывом на выброс заряды могут располагаться в один или несколько рядов. При однорядном расположении расстояние между зарядами α (при условии, что W больше 1,5 м) определяется по формуле:

$$\alpha = 0,5W(n + 1), \text{ м}, \quad (9.7)$$

Если расстояние между зарядами в соседних рядах различается между собой, то α определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}, \text{ м}, \quad (9.8)$$

где α_1 и α_2 - расстояние между зарядами соответственно в первом и втором рядах.

При значении n от 1 до 2 видимую глубину воронки (траншеи) h определяют по формуле:

$$h=0.33W(2n-1), \text{ м}, \quad (9.9)$$

В глинистых и суглинистых грунтах:

$$h=0.45W(2n-1), \text{ м}, \quad (9.10)$$

При проектировании выемок, каналов, траншей заданного профиля показатели действия взрыва n , число рядов зарядов и расстояние между рядами определяются графически с таким расчетом, чтобы проектируемая воронка соответствовала по возможности заданному профилю выемки.

При трехрядном расположении одновременно взрывааемых зарядов значение n для зарядов среднего ряда принимается больше, чем для зарядов крайних рядов, на 0,5. В случае замедленного или короткозамедленного взрыва среднего ряда показатели n его зарядов увеличиваются на 0,2-0,3.

При взрывании на выброс в условиях горизонтального рельефа ширина навала x и высота навала y ориентировочно определяются по формуле:

$$x=5nW, \text{ м}, \quad (9.11)$$

$$y=\frac{0.7W}{n}, \text{ м}, \quad (9.12)$$

Направленный выброс грунта при горизонтальном рельефе достигается взрыванием не менее двух рядов зарядов I и II . При этом показатель действия взрыва зарядов того ряда, который наиболее удален от стороны направления выброса, должен быть больше на 0,5 показателя действия взрыва зарядов другого ряда.

Направленный выброс может быть также осуществлен путем разновременного взрыва рядов заряда, причём первыми взрываются заряды ближайшего ряда к направлению выброса. Число рядов для получения увеличенного выброса на одну сторону при горизонтальном рельефе рекомендуется принимать не более трёх.

Расстояние между рядами зарядов при направленном выбросе находят графически так, чтобы ЛНС каждого заряда, взрываемого с замедлением, была перпендикулярна обнаженной поверхности, образуемой зарядами, взрываемыми с опережением, а длина ее была не больше расстояния от центра заряда до свободной поверхности по вертикали.

Величина удлиненного заряда выброса Q , ось которого параллельна обнаженной поверхности, определяется по формуле:

$$Q = \frac{2K_B W^2 (0.4 + 0.6n^3)}{n+1} l_{\text{зар}}, \quad (9.13)$$

где W -ЛНС - расстояние от оси заряда до свободной поверхности, м.

Для круглого сечения диаметр удлиненного заряда d определяется по формуле:

$$d = 1,1 \sqrt{\frac{Q}{\Delta l_{\text{зар}}}}, \text{ м,} \quad (9.14)$$

где Δ - плотность заряжения ВВ, т/м³;

Q - выражено в т, $l_{\text{зар}}$ -в м.

Если одним удлиненным зарядом не может быть получена выемка заданного профиля(недостаточная\ ширина понизу),располагают параллельно два или три заряда, удаленных один от другого на величину a , определяемую по формуле.

В зависимости от поставленной задачи заряды могут взрываться одновременно или с замедлением.

Параметры удлиненных зарядов выброса в скважинах(шпурах),оси которых перпендикулярны обнаженной поверхности, рассчитываются таким же образом ,как и параметры сосредоточенных зарядов, с учетом вместимости и расположения скважин. При этом принимается следующий порядок расчета.

а) В соответствии с заданными параметрами выемки вычисляется вес сосредоточенного заряда Q и расстояние между зарядами в ряду a по формуле.

б) Устанавливается глубина скважин:

$$l_{\text{СКВ}} = (1.1 \div 1.2)W, \text{ м,} \quad (9.15)$$

Где W -ЛНС эквивалентного сосредоточенного заряда, м.

в) Определяется вместимость одной скважины $Q_{\text{СКВ}}$ при условии ее заполнения взрывчатым веществом на $2/3$ глубины.

г) Вычисляется расстояние между скважинами:

если $Q < Q_{\text{СКВ}}$,расстояние между скважинами $a_{\text{СКВ}}$ принимается равным значению a ;

при $Q > Q_{\text{СКВ}}$ скважины сближают ,определив расстояние между ними по формуле

$$a_{\text{СКВ}} = a \frac{Q_{\text{СКВ}}}{Q}. \quad (9.16)$$

Формулу рекомендуется применять в том случае, когда $\frac{Q_{\text{СКВ}}}{Q} > \frac{1}{3}$.

При $\frac{Q_{\text{СКВ}}}{Q} < \frac{1}{3}$ необходимо делать кусты из двух-трех скважин.

9.2.2 Взрывание на сброс

Взрывы на сброс производятся при уклоне поверхности взрываемого массива более 20° к горизонту для вскрытия или разработки полезных ископаемых, образования профильных выемок (дорог, специальных площадок), плотин, насыпей разного назначения.

В зависимости от конфигурации взрываеваемого массива и требований, предъявляемых к взрыву (размеры выемок, угол образуемого откоса), расположение зарядов, может быть однорядным в некоторых случаях допускается многорядное и многоярусное расположение зарядов.

Места заложения зарядов определяются графически таким образом, чтобы образующая выемка (с учётом действия заряда в глубь массива) вписывалась в проектный контур.

Радиус действия взрыва сосредоточенного заряда R определяется по формуле:

$$R = W\sqrt{1 + n^2}, \text{ м} \quad (9.17)$$

Радиус отрыва пород в нагорную сторону R_1 за счёт обрушения откоса может превышать величину R , достигая $2W$, а на участках с падением пластов пород параллельно поверхности склона R может превышать $3W$. Процент сброса породы при образовании полувыемки имеет максимальное значение при $R=R_1$. Под процентом сброса понимают отношение фактического объёма образовавшийся взрывом выемки (в пределах проектного контура) к проектному объёму, выраженное в процентах.

При двухрядном расположении заряды второго ряда помещаются в вершине угла, образуемого проектируемым откосом $O_2 B$ и площадкой AO_2 . Местоположение заряда первого ряда находится из условия совмещения радиуса действия его взрыва R с проектным контуром площадки $O_1 A$. При этом расстояния между рядами зарядов во избежание оставления порогов должно быть не больше радиуса действия взрыва заряда второго ряда. За ЛНС заряда второго ряда принимается расстояние от его центра до проектируемой поверхности отрыва при взрыве зарядов первого ряда. Если число рядов превышает два, графическое построение ЛНС первых рядов производится аналогичным способом с размещением зарядов от последнего ряда к первому.

Величина зарядов сброса определяется по формуле для зарядов выброса. Показатель действия взрыва зарядов n первого ряда принимается от 1 до 1,5. Значения n для зарядов второго ряда должно быть на 0,25-0,5 больше, чем для зарядов первого ряда. Как правило, заряды второго ряда взрывают с замедлением.

При устройстве профильных выемок месторасположение зарядов следует определить из условия сохранения при взрыве проектного основания выемки и получения заданных откосов. Для этого необходимо учитывать действие заряда в глубь массива, которое выражается в разрушении (рыхлении) дополнительного объёма породы за пределами контура воронки (выемки).

При двухъярусном расположении зарядов (см. рис.) расстояние между ярусами $b_{\text{яр}}$ принимается в зависимости от устойчивости породы и величины n в пределах (1,3-1,6) W зарядов нижнего яруса. При двухрядном расположении зарядов в нижнем ярусе за величину W принимается ЛНС заряда

второго ряда. Заряды разных ярусов могут взрываться одновременно или с замедлением в направлении сверху вниз.

При однорядном (и одноярусном) расположении зарядов сброса ширина развала породы L может быть ориентировочно определена по формуле:

$$L = 5 \cdot n \cdot W, \quad (9.18)$$

9.3 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):

$$d_3 = 50H_m \cdot \sqrt{\frac{q_{рм}}{\Delta}}, \quad (9.19)$$

где H_m - толщина слоя мерзлоты, м;

$q_{рм}$ - расчетный удельный расход ВВ (кг/м^3) при дроблении мерзлоты. Для мерзлой глины и строительного мусора $0,7 \div 0,9$; для моренного суглинка с галькой $0,6 \div 0,7$; для песчаных и растительных грунтов $0,4 \div 0,5$.

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:

$$Q_3 = k \cdot P \cdot H_m, \quad (9.20)$$

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

P - вместимость шпура (скважины), кг/м^3 .

Общее число зарядов на заданную площадь рыхления:

$$N = \frac{H_m \cdot S \cdot q_p}{Q_3}, \quad (9.21)$$

где S - площадь участка, подлежащего рыхлению, м^2 .

Расстояние между зарядами 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 детонирующего шнура. Для наиболее эффективного дробления необходимо применять короткозамедленное взрывание.

При дроблении мерзлых грунтов узкими полосами (траншеи, узкие котлованы и т.д.), а так же 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).

9.4 Взрывные работы при взрывном разрушении фундаментов.

Дробление фундаментов выполняют, как правило, методом шпуровых зарядов сразу на всю высоту при их мощности не более 2 м или послойно.

При разрушении фундамента на всю его высоту, чтобы ограничить действие взрыва за проектную отметку, длину шпуров принимают меньше высоты фундамента на 4 - 5 диаметров заряда. При послойном разрушении фундамента длину шпуров принимают равной толщине разрушаемого слоя, кроме последнего слоя, в котором длину шпура принимают меньше толщины разрушаемого слоя на 4 - 5 диаметров заряда.

При дроблении фундаментов горизонтальными шпурами расстояние между основанием фундамента и нижним рядом шпуров должно быть не менее 0,2 м.

Массу заряда в шпуре определяют по формуле:

$$Q = K \cdot W \cdot \sqrt{W}, \quad (9.22)$$

где Q - масса заряда, кг;

K - расчетный удельный расход ВВ, кг/м³. Для кирпича, бетона без арматуры и бута K равняется 0,3 - 0,5, для железобетона - 0,5 - 0,7;

W - ЛНС (расстояние от оси шпура до края фундамента), м.

При $W > 1$ м массу заряда в шпуре определяют по формуле:

$$Q = K \cdot W^3, \quad (9.23)$$

Значение ЛНС принимают в пределах 0,5 - 0,7 длины шпура. При дроблении фундаментов высотой более 1 м, а также если W составляет менее половины длины шпура, заряд в шпуре следует рассредоточить, рассчитывая каждую часть заряда на свою ЛНС. Расстояние между центрами зарядов, рассредоточенных в одном шпуре, следует принимать равным расстоянию между шпурами, кроме верхнего промежутка, который может быть короче остальных вследствие уменьшения массы верхнего заряда. Промежутки между зарядами можно оставлять свободными от забойки (воздушный промежуток) или заполнять забоечным материалом. Верхняя свободная от заря-

да часть шнура должна быть обязательно заполнена забоечным материалом (рис. 51).

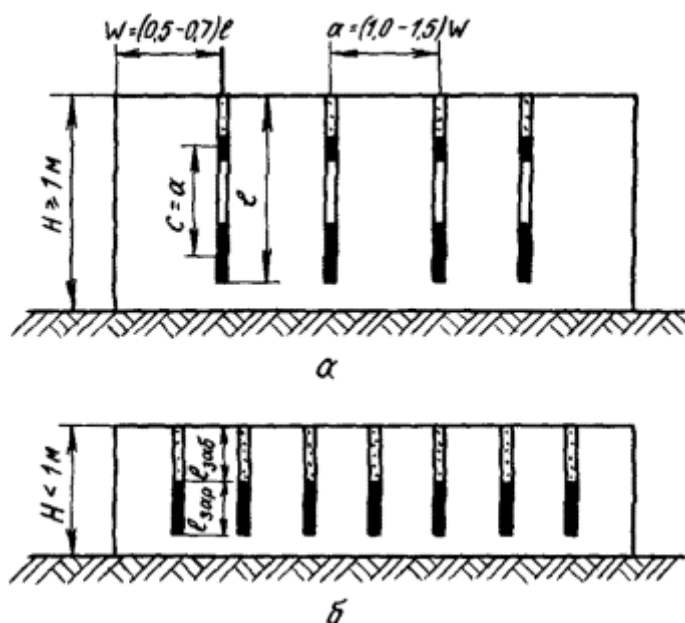


Рисунок 51 - Конструкция шпуровых зарядов при взрывании фундаментов разной мощности:

a - мощность взрываемого слоя более 1 м;

б - мощность взрываемого слоя до 1 м.

Расстояние между шпуровыми зарядами в ряду принимается в пределах (1,0 - 1,5) W , а между рядами зарядов (0,85 - 1,0) W . При разделении фундаментов или других конструкций на транспортабельные блоки шпуры располагают по линии реза в один - два ряда. Массу заряда в шпуре рассчитывают по приведенным формулам, а расстояние между шпурами в ряду и между рядами шпуров принимают в пределах (0,6 - 0,8) W .

При частичном разрушении фундаментов требуется отделить разрушаемую часть от сохраняемой. Для этого используют контурное взрывание по методу предварительного щелеобразования. При контурном взрывании сплошную щель на всю высоту разрушаемого слоя образуют взрывом расщепленных зарядов малого диаметра в сближенных шпурах. При этом диаметр заряда должен быть в 2 - 3 раза меньше диаметра шпура. При взрывании фундаментов в качестве ВВ контурных шпуров используют ДШ, который прокладывают в каждом шпуре в 2 - 4 нити. Плотность заряжения составляет 0,036 - 0,48 кг/м. Расстояние между шпурами определяют по формуле:

$$A = 22 \cdot d_3 \cdot k_3 \cdot k_y, \quad (9.24)$$

где d_3 - диаметр заряда, м;

k_3 - коэффициент зажима. При контурной отбойке $k_3 = 1,0$;

k_y - коэффициент геологических условий. При взрывании фундаментов $K_y = 1,0$.

Взрывание контурных шпуров следует проводить до взрывания основных зарядов. Допускается короткозамедленное взрывание основных зарядов по отношению к контурным с замедлением не менее 50 мс.

Если необходимо сохранить часть фундамента, лежащего ниже разрушаемого слоя, между нижней частью заряда ВВ и охраняемой частью фундамента устраивают охранный целик. Мощность охранный целика составляет до 10 диаметров заряда. Доработку целика до проектной отметки производят пневматическими отбойными молотками.

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/RTM36988Rukovodstvopoproe.html>

9.5 Взрывное обрушение зданий и сооружений в стеснённых условиях

Здания и сооружения обрушивают на свое основание или в заданном направлении. При обрушении зданий и сооружений на свое основание взрывным способом образуют подбой по всему периметру наружных стен и других несущих конструкций. Высота сквозного подбоя должна быть не менее половины толщины стены. Для образования подбоя шпуровые заряды располагают в два - три ряда в шахматном порядке. Заряд следует размещать так, чтобы его центр совпадал с серединой стены. В этом случае длину шпура определяют по формуле:

$$l_{\text{шп}} = \frac{C + l_{\text{зар}}}{2}, \quad (9.25)$$

где $l_{\text{шп}}$ - длина шпура, м;

C - толщина стены, м;

$l_{\text{зар}}$ - длина заряда, м.

Расстояние между шпурами в ряду принимают равным $(1,0 - 1,4)W$, между рядами зарядов $(1,3 - 1,6)W$. Крайние шпуры бурят на расстоянии W от краев стен или простенков.

Принцип направленного обрушения сооружений заключается в образовании сквозного подбоя (вруба) в несущих опорах со стороны направления валки при сохранении опоры (целика) с противоположной стороны. В результате создания опрокидывающего момента обеспечивается падение сооружения в заданном направлении (рис. 52).

Более точная направленность обрушения обеспечивается в том случае, когда целик испытывает меньшее напряжение на сжатие и ограничен большей по длине хордой АВ. Этому требованию для круглых труб отвечает целик в секторе с центральным углом ρ , равным $135 - 140^\circ$ (по периметру 1,2 Д).

Глубину вруба (расстояние от оси условного шарнира до края горизонтального сечения вруба) определяют по формуле:

$$L_{\text{вр}} = \frac{D}{2} \left(1 + \frac{\cos \rho}{2} \right), \quad (9.26)$$

где $L_{\text{вр}}$ - глубина вруба, м;

D - диаметр основания обрушаемой конструкции, м;

ρ - центральный угол целика, град.

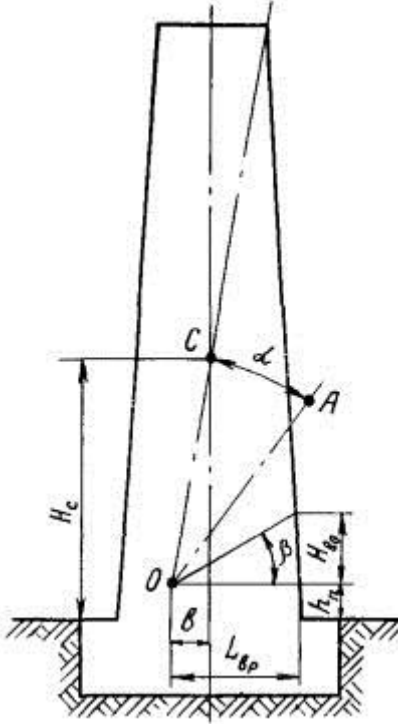


Рисунок 52 - Условие опрокидывания трубы в заданном направлении.

Угол вруба β (см. рис. 52) определяется минимально необходимым углом наклона сооружения α , при котором проекция центра тяжести сооружения на плоскость горизонтального сечения на уровне вруба выйдет за контур сечения (т.е. будет обеспечено условие опрокидывания сооружения).

Угол α определяют из формул:

$$\alpha = j_1 - j_2, \quad (9.27)$$

$$\operatorname{tg} j_1 = \frac{H_c - h_n}{b}, \quad (9.28)$$

$$\cos j_2 = \frac{L_{\text{вр}}}{\sqrt{(H_c - h_n)^2 + b^2}}, \quad (9.29)$$

где H_c - высота центра тяжести сооружения, м;

h_n - высота горизонтального сечения вруба на уровне условного шарнира, м;

b - расстояние между осями условного шарнира и сооружения, м:

$$b = L_{\text{вр}} - \frac{D}{2}, \quad (9.30)$$

Угол вруба должен равняться углу наклона или превышать его. Необходимую высоту вруба определяют по формуле:

$$H_{вр} = L_{вр} \cdot tg\beta, \quad (9.31)$$

где $H_{вр}$ - высота вруба, м.

При направленном обрушении форму вруба принимают прямоугольной (при расположении зарядов в два ряда) или трапециевидной формы. В последнем случае нижние два ряда зарядов принимают одинаковой длины, остальные - короче в соответствии с принятым углом вруба.

Для создания подбоя или образования вруба используют шпуровые и накладные заряды. Массу заряда в шпуре определяют согласно п. 2.2. ЛНС принимают равной половине толщины стены. Значение расчетного удельного расхода ВВ принимают для кирпичной кладки $0,4 - 0,6 \text{ кг/м}^3$, бетона $0,5 - 0,7$ и железобетона $0,9 - 1,2 \text{ кг/м}^3$. При взрывании железобетона принимают повышенный удельный расход ВВ, так как взрыв шпуровых зарядов должен не только раздробить бетон конструкции, но и выбить его из арматуры.

При обрушении тонкостенных конструкций (при толщине стенок до $0,2$ м) для образования вруба можно использовать удлиненные накладные заряды, которые размещают по площади вруба рядами (рис. 53).



Рисунок 53 - Схема размещения удлиненных накладных зарядов по площади вруба:

1 - проектный контур вруба; 2 - заряды ВВ; 3 - ДШ; 4 - сквозные проемы.

Удлиненный наружный заряд в ряду формируют в виде группы отдельных удлиненных зарядов. Массу каждого отдельного удлиненного заряда принимают с таким расчетом, чтобы обеспечить полное выбивание бетона из арматуры в пределах вруба. Расчет массы удлиненного накладного заряда производят согласно п. 2.8. Длину каждого отдельного удлиненного заряда принимают в пределах:

$$l = (1,0 - 2,5)h, \text{ м}, \quad (9.32)$$

расстояние между зарядами в ряду:

$$a = (1,9 - 3,0)h, \text{ м}, \quad (9.33)$$

между рядами зарядов:

$$b = (1,9 - 3,0)h, \text{ м}, \quad (9.34)$$

где h - толщина перебиваемой конструкции, м.

При обрушении тонкостенных сооружений с малым отношением высоты сооружения к его основанию, когда для обеспечения направленности необходимо образовать вруб большой высоты, целесообразно использовать комбинированную систему расположения зарядов. В нижней части вруба (на высоту 1,0 - 1,2 м) размещают удлиненные накладные заряды, а в верхней - шпуровые заряды. При такой комбинации зарядов значительно сокращается трудоемкость подготовительных операций, связанных с бурением шпуров в нижней части вруба (где должно располагаться до 70 % шпуровых зарядов), и, в то же время, можно обеспечить качественное укрытие накладных зарядов.

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/RTM36988Rukovodstvopoproe.html>

9.6 Взрывание под укрытием

При производстве взрывных работ часто место взрыва необходимо локализовать, т.к. взрывные работы производятся вблизи действующих или жизненно-важных или других объектов, повреждение которых недопустимо. Локализовать - значит уменьшить влияние опасных факторов взрыва:

1. Разлет кусков
2. Ударную воздушную волну
3. Сейсмическое действие взрыва
4. Защита трасс и подземных коммуникаций при падении высоких (тяжелых) обрушаемых объектов

Защитные устройства можно разделить

- по функциональному назначению:

1. Для предотвращения разлета кусков
2. Для снижения действия УВВ
3. Комбинированные(1+2)
4. Для снижения сейсмического эффекта
5. Для укрытия взрывника

- по материалу изготовления:

1. Металлические
2. Железобетонные
3. Бревенчатые и дощатые
4. Из сыпучих материалов(песок в мешках или за щитом)
5. Из нетканых материалов

- по форме (конструкции):

1. Шитовые (плоские)
2. Объемные (коробчатые, арочные)

- по газопроницаемости:
 1. Сплошные газонепроницаемые
 2. Газопроницаемые
- по возможности перемещения:
 1. Санного типа(полозья)
 2. Колесного типа
 3. Навесного типа
- по расположению относительно взрываеваемого объекта:
 1. Устанавливаемые вертикально
 2. Устанавливаемые горизонтально
 3. Комбинированные

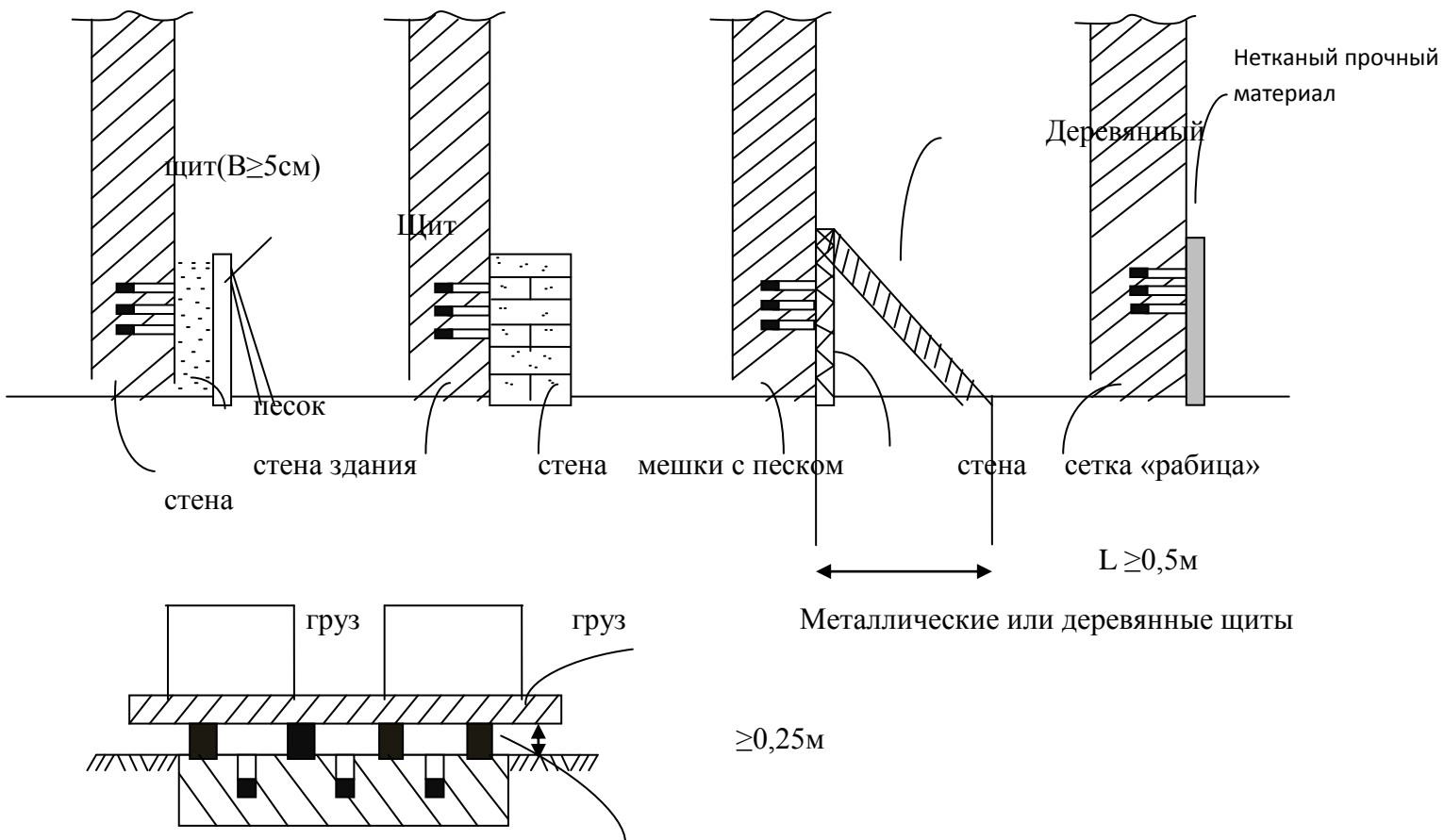


Рисунок 54 - Варианты установки защитных укрытий

При производстве взрывных работ по дроблению фундаментов в цехах промышленных предприятий наибольшее распространение получили сплошные щитовые укрытия из металлических листов или деревянные щиты из досок и бревен с пригрузом (рис. 55).

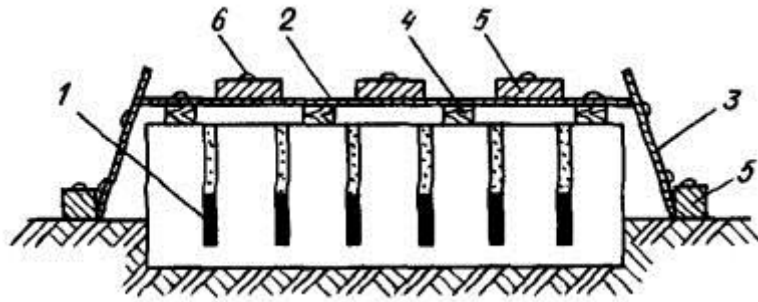


Рисунок 55 - Установка сплошного щитового укрытия на фундаменте:
 1 - шпуровые заряды; 2 - горизонтальное щитовое укрытие; 3 - боковое укрытие; 4 - деревянный брус; 5 - пригруз; 6 - проушины для подъема

Массу сплошного щитового укрытия, устанавливаемого над зарядом (с учетом ширины перекрытия взрывааемого участка), определяют по формуле:

$$M = 10^3 \frac{N_T \sqrt[3]{N_T}}{W} \cdot \frac{H_3}{H_d}, \quad (9.35)$$

$$N_T = \frac{d}{l_{заб}} \sqrt[3]{Q}, \quad (9.36)$$

где M - масса укрытия, т;
 Q - масса заряда ВВ, кг;
 d - диаметр заряда, м;
 $l_{заб}$ - длина забойки, м;
 W - линия наименьшего сопротивления заряда, м.

$$W = l_{заб} + 0,5l_{зар}, \quad (9.37)$$

где $l_{зар}$ - длина заряда, м;
 H_y - высота фактической установки укрытия, м;
 H_3 - эффективная высота установки, м;

$$H_3 = 0,22 \cdot K \cdot H, \quad (9.38)$$

где K - расчетный удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м³;
 H - мощность взрывааемого слоя, м.

Пример расчета массы сплошного щитового укрытия приведен в справочном приложении 3.

Предельно допустимое значение H_y при использовании щитовых укрытий должно составлять не менее 0,25 м. Высоту установки укрытия целесообразно принимать более 0,25 м.

Расстояние, на которое должна быть перекрыта поверхность взрывае-
мого массива от крайних зарядов до края устанавливаемого укрытия, прини-
маем равным:

$$H_{\text{пер}} = L \cdot \left(1 - \frac{r_p}{R_p}\right) \cdot (W + H_y), \quad (9.39)$$

где $H_{\text{пер}}$ - ширина перекрытия, м;

L - коэффициент, зависящий от схемы КЗВ ($L=2,05$ при поскважин-
ном замедлении, $L=2,25$ при врубовой схеме и $L=2,35$ при порядном и мгно-
венном взрывании);

r_p - допустимый радиус разлета кусков при взрывании с укрытием, м;

R_p - радиус разлета кусков при взрывании без укрытия, м.

При монтаже сплошных укрытий из отдельных элементов (листов, щи-
тов, полос и т.п.) последние укладывают друг на друга с шириной перекры-
тия не менее 0,2 м. Между собой листы скрепляют тросом, проволокой или
болтовыми соединениями.

Металлические и деревянные щитовые укрытия используют и для
укрытия места взрыва при проходке котлованов и траншей. В этих же усло-
виях применяют укрытия из мелкодисперсного материала (мешки с песком),
укрытия коробчатого типа (домики), локализаторы, сетки и др.

Массу сплошного укрытия из мешков с песком или насыпного грунта,
располагаемых непосредственно на взрываеваемой поверхности, можно опреде-
лить по формуле:

$$M_y = 0,33 \cdot j \cdot W, \quad (9.40)$$

где M_y - масса 1 м² укрытия, кг;

j - плотность взрываеваемого грунта, кг/м³.

Мощность слоя укрытия в этом случае определяют по формуле:

$$h = \frac{0,33 \cdot W \cdot j \cdot K_{\text{раз}}}{j_y}, \quad (9.41)$$

где h - мощность слоя укрытия, м;

$K_{\text{раз}}$ - коэффициент разрыхления грунта, используемого для укры-
тия;

j_y - плотность материала укрытия, кг/м³.

Металлические газопроницаемые укрытия коробчатого типа (с сетча-
тым покрытием или изготовленные из швеллеров и уголков) должны иметь
высоту не менее 1,8 м. Чтобы исключить разлет кусков взорванной породы,
укрытие должно полностью перекрывать воронку рыхления. Размеры укры-
тия должны составлять:

$$L \geq a(m - 1) + 2r, \quad (9.42)$$

$$B \geq b(n - 1) + 2r, \quad (9.43)$$

где L - длина укрытия, м;
 B - ширина укрытия, м;
 a - расстояние между скважинами в ряду, м;
 b - расстояние между рядами скважин, м;
 m - число скважин в ряду;
 n - число рядов скважин;
 r - радиус раскрытия воронки рыхления, м.

$$r = 2,4 - 0,49 \frac{l_{\text{скв}}}{l_{\text{зар}}}, \quad (9.44)$$

где $l_{\text{скв}}$ - длина скважины, м;
 $l_{\text{зар}}$ - длина заряда, м.

Коробчатое укрытие должно иметь такую массу, которая бы исключала возможность опрокидывания укрытия при принятых параметрах буровзрывных работ:

$$M = K \cdot N \cdot \frac{Q_{\text{зар}}}{l_{\text{заб}} \cdot W}, \quad (9.45)$$

где M - масса укрытия, т;
 K - комплексный показатель; $K \geq 0,2$ при КЗВ зарядов под укрытием и $K \geq 0,55$ при мгновенном взрывании;
 N - число взрываемых зарядов;
 $Q_{\text{зар}}$ - масса заряда в скважине (шпуре), кг;
 $l_{\text{заб}}$ - длина забойки, м;
 W - ЛНС заряда, м. Определяется по формуле (9.37).

Локализаторы взрывов различных типов применяют в основном при небольших объемах взрывных работ. Они должны полностью исключить разлет кусков взрываемых пород. Размеры рамы локализатора выбирают с таким расчетом, чтобы радиус воронки взрыва, увеличенный на 0,5 м, не выходил за пределы защитной зоны локализатора. Массу санного локализатора определяют по формуле:

$$M_R = \frac{2Q}{l_{\text{скв}} \cdot h \cdot (R_p + 1,6)}, \quad (9.46)$$

где $M_{\text{л}}$ - масса локализатора, кг/м²;

Q - масса заряда ВВ, кг;

h - высота воздушного зазора между локализатором и грунтом, м;

R_p - допустимый радиус разлета осколков, м.

При производстве взрывных работ по обрушению зданий и сооружений в качестве укрытий используют деревянные щиты, устанавливаемые с наружной стороны сооружений и перекрывающие подбиваемый участок стены. Для локализации зоны разлета осколков достаточно, чтобы щиты перекрывали границу подбоя со всех сторон не менее чем на 0,5 м, а нижняя часть щитов отстояла от стены на 0,5 м. Толщина деревянных щитов должна быть не менее 50 мм. Можно использовать щиты меньшей толщины, которые устанавливают в два ряда. Щиты должны быть связаны между собой проволокой.

При производстве работ в зоне густой застройки, когда необходимо полностью исключить разлет кусков за пределы укрытия, пространство между щитами укрытия и стеной обрुчаемого сооружения заполняют инертным материалом (песком, мокрыми опилками и т.д.).

При использовании сетчатых укрытий (панцирные сетки, сетки «Рабица», сетки из синтетических материалов и т.д.) их располагают непосредственно на взрываемой поверхности. Концы таких укрытий (за пределами расчетных границ разрушения взрываемого массива) должны быть пригружены или закреплены в грунте.

Укрытия из транспортерных лент и других нетканых материалов применяют, в основном, при укрытии мест взрыва шпуровых зарядов, а также в труднодоступных местах и на вертикальных участках при обрушении зданий, дроблении фундаментов и т.д.

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/RTM36988Rukovodstvopoproe.html>

10. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

10.1 Хранение взрывчатых материалов

Склад ВМ - комплекс зданий и сооружений основного и вспомогательного назначения, расположенных на общей территории с оформленным в установленном порядке земельным отводом. По месту расположения относительно земной поверхности склады ВМ разделяются на:

- поверхностные - склады, основания хранилищ которых расположены на уровне поверхности земли;
- полууглубленные - склады, здания хранилищ которых углублены в грунте ниже земной поверхности не более чем на карниз;
- углубленные – склады, у которых толща грунта над хранилищем составляет менее 15 м;
- подземные склады, у которых толща грунта над хранилищем составляет более 15 м.

В зависимости от срока эксплуатации склады разделяются на:

- постоянные - срок эксплуатации склада составляет 3 года и более;
- временные - срок эксплуатации склада составляет от года до трех лет;
- кратковременные - срок эксплуатации склада до одного года, считая эти сроки с момента завоза ВМ.

По назначению склады ВМ разделяются на базисные и расходные.

Согласно ЕПБ при ВР ограничивается вместимость хранилищ и склада. Предельные нормы хранения ВМ на поверхностных и полуглубленных расходных складах представлены в табл. 37.

Таблица 37

Вместимость складов ВМ

| Наименование склада | ВВ в хранилище, т | Вместимость общая | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------|-------------------|
| | | ВВ, т | КД,ЭД, РП тыс.шт | ДШ, тыс.м | ОШ,ФЗ Т, ЗПБ |
| Постоянный расходный | 120 | 240 | 300 | 400 | не ограничивается |
| Временный расходный | 60 | 120 | 150 | 200 | - " - |
| Кратковременный расходный | по проекту | по проекту | 75 | 100 | - " - |

Общая вместимость базисного склада ВМ не ограничивается, вместимость отдельного хранилища не должна превышать 420 т ВМ.

Предприятия должны иметь на каждый склад ВМ, а также на раздаточные камеры, паспорта. Один экземпляр паспорта должен храниться на рабочем месте заведующего складом ВМ.

На эксплуатацию мест хранения ВМ, раздаточных камер, сейфов в научных и учебных заведениях и участковых пунктов хранения ВМ организации обязаны получить соответствующее свидетельство Госпромнадзора, выданное в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Порядок хранения ВМ в участковых пунктах, ящиках (сейфах), расположенных вблизи мест ведения взрывных работ, а в научных и учебных организациях – в помещениях с сейфами и помещениях-сейфах должен определяться инструкциями, утвержденными руководством организации. В научных и учебных организациях изготовленные ВМ необходимо хранить в специально предназначенных для этого сейфах. Не допускается совместное (в одном сейфе) хранение вновь изготовленных ВМ с ВВ или СИ, на которые имеются разрешения на допуск к постоянному применению.

Требования ко всем видам складов ВМ изложены в ЕПБ при ВР.

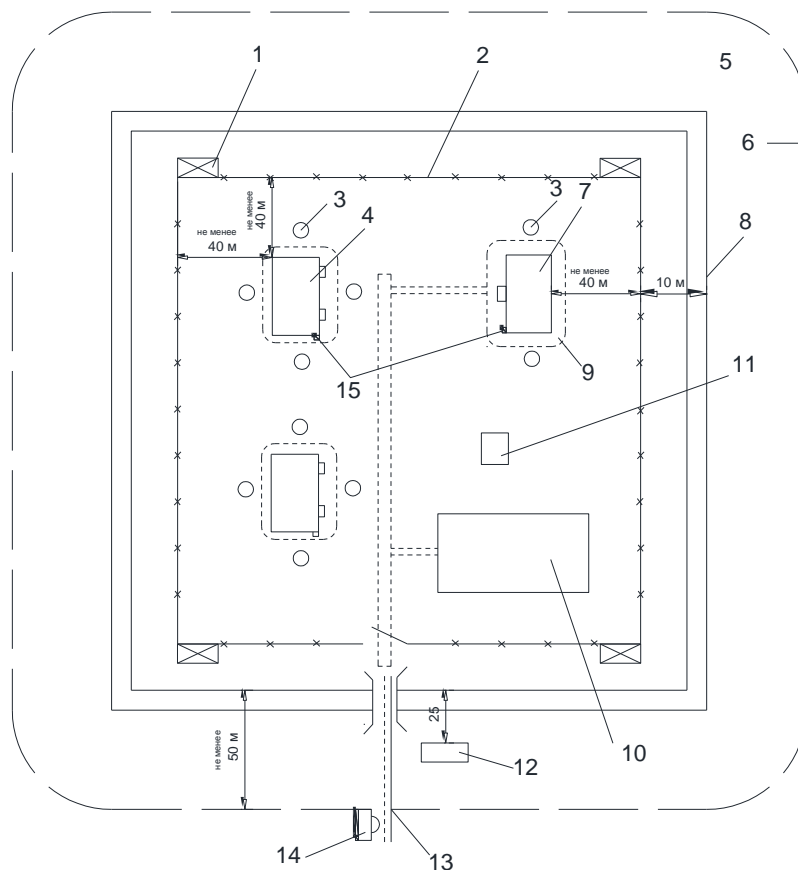


Рисунок 56 – Поверхностный построенный расходный склад с максимальной емкостью 240 т. ВВ: 1 – караульные вышки; 2 – ограда; 3 - молниезащита; 4 – хранилище ВВ; 5 – запретная зона; 6 – граница территории склада; 7 – хранилище СИ; 8 – противопожарная канава; 9 – очищаемая площадка вокруг хранилищ; 10 – пожарный водоем; 11 – навес противопожарного инвентаря; 12 – сарай для тары из под ВМ; 13 – дорога; 14 – караульное помещение; 15 – ящики с песком.

10.2 Приём, выдача и учёт взрывчатых материалов

Доставленные на места хранения ВМ должны быть без промедления помещены в хранилища, на площадки и оприходованы на основании заводских (транспортных) документов, наряд-накладной или наряд-путевки.

Организация, осуществляющая хранение ВМ обязана вести учет прихода и расхода взрывчатых материалов на складах ВМ в Книге учета прихода и расхода взрывчатых материалов (форма 1) и Книге учета выдачи и возврата взрывчатых материалов (форма 2) В Книге учета выдачи и возврата взрывчатых материалов должны регистрироваться индивидуальные заводские номера ВВ и изделий их содержащих при выдаче их взрывникам. Электродетонаторы и капсулы-детонаторы в ме-

таллических гильзах допускается маркировать специальными устройствами, допущенными в установленном порядке к эксплуатации, обозначающими организацию и номер взрывника.

Формы учета:

1. Книга учета прихода и расхода ВМ (форма 1) должна быть пронумерована, прошнурована и скреплена печатью Госпромнадзора. Книгу должны вести заведующие или раздатчики базисных и расходных складов ВМ. Взрывчатые материалы каждого наименования должны учитываться отдельно. Остаток ВМ по каждому наименованию должен быть подсчитан и занесен в Книгу на конец текущих суток. Записи в книге необходимо делать только по тем взрывчатым материалам, количество которых изменилось за сутки.

Книга учета выдачи и возврата ВМ (форма 2) должна быть пронумерована, прошнурована и скреплена печатью Госпромнадзора. Книга предназначена для складов и раздаточных камер, с которых производится выдача ВМ взрывникам и прием от них остатков ВМ. Она также должна вестись заведующим складом или раздатчиками. В конце каждых суток необходимо подсчитать, сколько и каких (по наименованию) ВМ израсходовано, и под чертой записать их расход (отпущенные взрывчатые материалы за вычетом возвращенных). Выведенное в Книге количество израсходованных за сутки взрывчатых материалов должно записываться ежедневно в Книгу по форме 1. При проведении массовых взрывов допускается выдавать ВМ непосредственно на местах работ с оформлением в отдельном предназначенном для этого экземпляре Книги учета выдачи и возврата ВМ (форма 2). Данные о расходе ВМ также должны указываться в основном экземпляре Книги формы 2.

Наряд-накладная (форма 3) служит для отпуска ВМ с одного места хранения на другое. Она должна выписываться бухгалтерией организации, в ведении которого находится склад, отпускающий ВМ, в четырех экземплярах, которые подписываются соответствующими руководителем и бухгалтером, с указанием даты выдачи и наименования получателя. Наряд-накладная должна выдаваться бухгалтерией (заведующим складом) получателю для предъявления на склад вместе с доверенностью на получение взрывчатых материалов.

Один экземпляр наряд-накладной хранится на складе, другой выдается получателю как сопроводительный документ и два экземпляра с доверенностью получателя передается в бухгалтерию. Один из экземпляров остается при бухгалтерской проводке для списания ВМ, а другой экземпляр выдается получателю как сопроводительный документ.

При доставке взрывчатых материалов со склада на склад доставщик, получивший ВМ, и заведующий складом (раздатчик), выдавший ВМ, обязаны расписаться в наряд-накладной о получении и выдаче ВМ.

Наряд-путевка на производство взрывных работ (форма 4) служит для отпуска взрывчатых материалов взрывникам (мастерам-взрывникам). Наряд-путевка должна подписываться начальником участка (цеха), на котором проводятся взрывные работы, или его заместителем (прорабом, старшим мастером и т.п.).

После взрывных работ взрывник (мастер-взрывник), на имя которого выписана наряд-путевка и руководитель взрывных работ обязаны подтвердить своими подписями в наряд-путевке фактический расход взрывчатых материалов по назначению. Остатки ВМ, а также наряд-путевки по окончании рабочей смены взрывниками лично должны быть сданы на склады ВМ (участковые пункты хранения). ВМ не должны выдаваться взрывникам (мастерам-взрывникам), не отчитавшимся в израсходовании ранее полученных ВМ. В приходно-расходных документах не допускаются записи карандашом, помарки и подчистки записей, а всякого рода исправления должны выполняться проставлением новых цифр.

На складе ВМ должны быть образцы подписей работников, имеющих право подписывать наряд-путевки и наряд-накладные на отпуск ВМ, а также образцы подписей лиц, имеющих право подтверждать фактический расход ВМ. Образцы подписей должны быть заверены руководителем организации. Отпуск ВМ по указанным документам, подписанными другими лицами, запрещается.

10.3 Доставка взрывчатых материалов к месту взрыва

Взрывчатые материалы к местам хранения, ведения взрывных работ могут доставляться автомобильным, железнодорожным, морским, авиатранспортом. Для доставки со складов ВМ к местам ведения взрывных работ используется в основном автомобильный транспорт (на базе БелАЗ, МАЗ, КРАЗ и др.). Правила безопасности при перевозке ВМ автотранспортом устанавливаются в дополнение к ЕПБ при ВР.

Согласно нормативным документам, в том числе и международным, промышленные ВМ по степени опасности при перевозке относятся к классу 1, который подразделяется на подклассы, указанные в табл. 57.

Таблица 57

Подклассы взрывчатых материалов

| Номер подкласса | Характеристика подкласса |
|-----------------|---|
| 1 | 2 |
| 1.1 | ВМ, способные взрываться массой (взрыв, который одновременно охватывает весь груз). |
| 1.2 | ВМ, не взрывающиеся массой, но имеющие при взрыве. |

| 1 | 2 |
|-----|---|
| | опасность разбрасывания |
| 1.3 | ВМ, выделяющие при горении большое количество тепла или загорающиеся один за другим с незначительным эффектом взрыва или разбрасывания, или того и другого вместе. |
| 1.4 | ВМ, представляющие незначительную опасность взрыва во время транспортирования только в случае воспламенения или инициирования. Действие взрыва ограничивается упаковкой. |
| 1.5 | ВМ с опасностью взрыва массой, которые настолько нечувствительны, что при транспортировании не должно произойти инициирования или перехода от горения к детонации, а также изделия, содержащие только очень нечувствительные детонирующие вещества, не вызывающие случайного инициирования. |
| 1.6 | ВМ, содержащие исключительно нечувствительные к детонации вещества, не взрывающиеся массой и характеризующиеся низкой вероятностью случайного инициирования. |

Все ВМ по степени опасности при обращении с ними, в том числе при перевозке, подразделяются на группы и должны перевозиться отдельно. Однако допускается совместная перевозка ВМ различных групп при соблюдении ряда требований. При этом детонаторы должны размещаться в передней части кузова автомобиля в специально оборудованном ящике. ВВ размещают в задней части кузова и отделяют от детонаторов с детонаторами способами, исключающими передачу детонации. Загрузка ВМ должна составлять в данном случае до 2/3 грузоподъемности автомобиля.

Грузоотправитель обязан подготовить ВМ к перевозке так, чтобы обеспечить их сохранность и безопасность транспортирования. Упаковка должна быть исправной, закрыта, опломбирована и иметь соответствующую маркировку. ВМ в таре следует укладывать и закреплять так, чтобы исключить их внутреннее перемещение. Каждая грузовая единица должна иметь маркировку. Погрузка и разгрузка должны выполняться с максимальной осторожностью в специально отведенных и оборудованных местах. Загрузка должна осуществляться согласно схемам размещения и крепления грузов симметрично относительно продольной оси кузова и равномерно (по массе) по всей площади. При отдельной перевозке ВМ загрузка специальных и специализированных автомобилей допускается до полной грузоподъемности, за исключением детонаторов (2/3 грузоподъемности и не более 2-х ящиков по высоте). Транспортные средства подаются к месту погрузки по одному. Ожидающие погрузку и загруженные автомобили должны находиться от мест погрузки (разгрузки) на расстоянии не менее 100 м и в разных местах.

Перевозка ВМ осуществляется по заранее выбранному и согласованному с ГАИ маршруту. Выбор маршрута осуществляется предприятием, осуществляющим перевозку ВМ.

Маршрут должен удовлетворять следующим требованиям:

- не должен, по возможности, проходить через населенные пункты, вблизи промышленных предприятий, зон отдыха, архитектурных объектов;
- при перевозке в пределах населенных пунктов, по возможности, не должен проходить вблизи мест возможного сбора большого количества людей (школы, сады, больницы, кинотеатры и т.д.);
- в маршруте указываются места стоянок, заправок топливом, опасные участки дорог.

При перевозке ВМ скорость транспортных средств не должна превышать 60 км/час. При неблагоприятных условиях (дождь, снег и т.д.) скорость снижается до значений, обеспечивающих безопасность движения. При движении в колонне расстояние между автомобилями должно быть не менее 50 м на горизонтальных участках и не менее 300 м в горной местности.

При перевозке ВМ колонной из 5 и более машин обязательно сопровождение колонны автомобилем прикрытия, который движется впереди уступом с левой стороны так, чтобы его габарит по ширине выступал за левый габарит сопровождаемых транспортных средств. Автомобиль прикрытия оборудуется проблесковым маячком желтого цвета (не дает права преимущественного проезда и является дополнительным средством информации). При перевозке ВМ колонной из 5 и более машин обязательно в конце колонны должен быть резервный автомобиль, приспособленный для перевозки ВМ.

ВМ могут перевозиться специальными, специализированными и автомобилями общего назначения, приспособленными для этих целей и работающими на жидком или газообразном топливе (дозаправка газобаллонных груженых автомобилей запрещена). У автомобилей, предназначенных и оборудованных для перевозки ВМ, выпускная труба глушителя должна быть вынесена в правую сторону перед радиатором. Перевозка ВМ на автосамосвалах запрещается. Металлические части кузова (днища и борта) автомобилей и автоприцепов, перевозящих ВМ, должны быть покрыты сплошным настилом из трудновоспламеняющегося материала, исключающего искрообразование. Дерево, применяемое для изготовления настила, необходимо пропитывать огнезащитным составом. Топливный бак (кроме газовых баллонов) необходимо оборудовать металлическими щитками со стороны передней и задней стенок, а со стороны днища устанавливать стальную сетку с ячейками размером 10x10 мм (перфорированный лист); расстояние от топливного бака до щитков и сетки должно быть не менее 20 мм.

Электрическое оборудование транспортных средств, перевозящих ВМ, должно отвечать следующим требованиям:

- номинальное напряжение не должно превышать 24 В;
- электрические цепи должны быть защищены от повышенных токов предохранителями заводского изготовления и размыкающим выключателем, приводимым в действие из кабины водителя;

- электропроводка должна иметь надежную изоляцию, исключающую короткое замыкание, прочно крепиться и располагаться таким образом, чтобы она не могла быть повреждена от ударов и трения о части автотранспортного средства, а также защищена от теплового воздействия выпускной системы;

- электропроводка должна быть выполнена из проводов с бесшовной оболочкой, не подвергающейся коррозии;

Дверь фургона должна быть расположена с правой стороны автотранспортного средства. Допускается устройство двери в задней стенке фургона при условии оборудования сигнализацией, выведенной в кабину автомобиля и срабатывающей при открывании двери. Дверь должна запираться на внутренний замок и иметь приспособление, препятствующее ее открыванию в случае выхода замка из зацепления. Для внутреннего освещения фургона необходимо использовать светильник, плафон которого должен устанавливаться в верхней части передней стенки кузова с наружной электропроводкой, проложенной в защитном кожухе.

Каждое транспортное средство, предназначенное для перевозки ВМ, комплектуется:

- красным флажком, прикрепляемым с левой стороны кабины;
- противооткатными упорами;
- тремя огнетушителями вместимостью не менее 5 л каждый;
- набором инструментов для мелкого (аварийного) ремонта транспортного средства;
- мигающим фонарем красного цвета или знаком аварийной остановки;
- двумя знаками "Въезд запрещен";
- аптечкой;
- комплектом цепей противоскольжения.

Требования к водителям, охрана и сопровождение транспортных средств, система информации об опасности (СИО)

К вождению транспортных средств, на которых перевозятся ВМ, допускаются лица, имеющие непрерывный стаж работы в качестве водителя не менее 3 лет и удостоверение соответствующей категории на право управления транспортным средством. Водитель должен пройти подготовку по специальной типовой (примерной) программе. С ним должен быть проведен инструктаж по безопасности при перевозке ВМ. Инструктаж проводится при каждом изменении условий перевозки ВМ, но не реже одного раза в полугодие.

При перевозке ВМ водитель транспортного средства обязан соблюдать настоящие Правила дорожного движения.

Водитель, выполняющий перевозку ВМ, кроме документов, перечисленных в Правилах дорожного движения, обязан иметь при себе:

- маршрут перевозки;
- свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке ВМ;
- свидетельство о допуске водителя к перевозке ВМ;
- соответствующую аварийную карточку и информационную таблицу.

В случае вынужденной остановки водитель, кроме обозначения согласно Правилам дорожного движения места остановки, на расстоянии 100 м спереди и сзади от транспортного средства должен установить знаки "Въезд запрещен", а также принять меры к его эвакуации за пределы дороги.

В случае дорожно-транспортного происшествия (ДТП) водитель должен действовать в соответствии с Правилами дорожного движения. Кроме того, он обязан:

- при необходимости, принять меры для вызова пожарной охраны и скорой медицинской помощи;
- осуществить необходимые меры, указанные в соответствующей аварийной карточке;
- по возможности, не допускать посторонних лиц к месту ДТП;
- при прибытии на место ДТП представителей органов внутренних дел и здравоохранения информировать их об опасности и принятых мерах, предъявить транспортные документы на перевозимый груз.

При управлении транспортным средством с ВМ водителю запрещается:

- резко начинать движение и тормозить;
- буксировать неисправные автомобили;
- двигаться с выключенными сцеплением, коробкой передач и двигателем;
- курить, а также допускать применение открытого огня ближе 100 м от ВМ;
- отлучаться (при отсутствии сопровождающего лица) от транспортного средства без крайней необходимости (перечень таких ситуаций должен быть определен на предприятии и доведен до всех водителей под роспись).

При перевозке ВМ должны быть назначены сопровождающие лица: ответственный за транспортировку груза представитель предприятия - лицо, имеющее право руководства взрывными работами или их производства, либо заведующий складом ВМ (раздатчик), а также охрана, вооруженная огнестрельным оружием. Транспортные средства с ВМ на всем пути следования, при стоянках и погрузочно-разгрузочных работах должны находиться под непрерывной вооруженной охраной и наблюдением сопровождающих лиц.

При перевозке ВМ на одном транспортном средстве ответственное за транспортировку лицо может одновременно выполнять и функции охраны. В случае перевозки ВМ на двух и более транспортных средствах охрана выделяется в обязательном порядке. При этом ответственное за перевозку лицо должно находиться на переднем автомобиле, а лицо охраны - на последнем.

Первый и последний автомобили должны иметь между собой надежную радиосвязь. Лицо, ответственное за перевозку, и охрана обязаны знать свойства и особенности груза, иметь навыки обращения с ним, в том числе при возможных аварийных ситуациях, должны быть обеспечены установленными средствами индивидуальной защиты.

Система информации об опасности (СИО) должна содержать сведения об опасности при движении транспортного средства с ВМ и определять меры по ликвидации возможных последствий дорожно-транспортных происшествий и аварийных ситуаций.

СИО должна включать:

- аварийную карточку (приложение 1);
- информационную таблицу (приложение 2).

Аварийная карточка заполняется грузоотправителем (грузополучателем) по единой форме для грузов каждого подкласса; она в обязательном порядке прилагается к перевозочным документам и находится на транспортном средстве. Информационные таблицы изготавливаются грузоотправителем (грузополучателем) и предоставляются водителю для установки только на транспортные средства, загруженные ВМ. Цифрами обозначается КЭМ (код экстренных мер) при пожаре, буквой - КЭМ по защите людей, находящихся в пределах опасной зоны.

Код экстренных мер, распространяющийся на перевозку ВМ:

- 1 - "Воду не применять! Применять сухие огнетушащие средства!"
- 2 - "Применять водяные струи!"
- 4 - "Применять пену или составы на основе хладонов!"
- Э - "Необходима эвакуация людей!"

В случае ДТП или возникновения аварийной ситуации при перевозке ВМ мероприятия по ликвидации последствий должны осуществляться согласно указаниям аварийной карточки и КЭМ по информационной таблице.

10.4 Охрана опасной зоны и сигнализация при взрывных работах

При проведении взрывных работ обязательна подача звуковых, а в темное время суток, кроме того, и световых сигналов для оповещения людей. Запрещается подача сигналов голосом, а также с применением взрывчатых материалов.

Значение и порядок сигналов:

- первый сигнал - предупредительный (один продолжительный). Сигнал подается перед заряданием и (или) вводе опасной зоны;
- второй сигнал - боевой (два продолжительных). По этому сигналу проводится взрыв;
- третий сигнал - отбой (три коротких). Он означает окончание взрывных работ.

Сигналы должны подаваться взрывником (старшим взрывником), выполняющим взрывные работы, а при массовых взрывах - специально назначенным работником организации. Способы подачи и назначение

сигналов, время проведения взрывных работ должны быть доведены до сведения работников предприятия (организации), а при взрывных работах на земной поверхности - также до жителей населенных пунктов, примыкающих к опасной зоне.

Допуск людей к месту взрыва после его проведения может разрешаться руководителем взрывных работ в данной смене, только после того, как им или по его поручению бригадиром (звеньевым) будет установлено совместно со взрывником (мастером-взрывником), что работа в месте взрыва безопасна.

10.5 Уничтожение взрывчатых материалов

Уничтожение ВМ, в том числе не отвечающих требованиям стандартов и технических условий, должно проводиться по письменному распоряжению руководителя организации взрыванием, сжиганием или растворением в воде согласно требованиям стандартов и технических условий. О каждом уничтожении ВМ необходимо составлять акт в котором необходимо указать количество и наименования уничтоженных ВМ, причин и способа уничтожения. Акт составляется в двух экземплярах, которые предназначаются складу ВМ и бухгалтерии организации.

Место для уничтожения ВМ необходимо оборудовать согласно проекту, утвержденному руководителем организации, при этом должна быть определена опасная зона.

Уничтожение ВМ должно выполняться взрывниками под руководством заведующего складом ВМ или работника, назначенного руководителем организации.

Уничтожение взрыванием следует проводить при помощи доброкачественных ВМ: патронированные ВВ подлежат уничтожению пачками, а детонаторы, детонирующие шнуры и пиротехнические реле - в упаковке помещенными в землю или другими способами, исключаящими разброс невзорвавшихся изделий.

Уничтожению сжиганием подлежат ВМ, не поддающиеся взрыванию. Запрещается уничтожать сжиганием детонаторы и изделия с ними. Безопасные расстояния при сжигании ВМ должны рассчитываться как при взрывании соответствующего количества ВВ. Сжигание ВМ разрешается проводить только в сухую погоду. ВВ, огнепроводные шнуры и детонирующие шнуры необходимо сжигать отдельно, причем на костре разрешается сжигать за один прием не более 20 кг. При уничтожении сжиганием порохов они должны рассыпаться дорожками шириной не более 30 см при толщине слоя до 10 см и расстоянии между ними не менее 5 м. Одновременно разрешается поджигать не более трех дорожек с порохами. Патроны взрывчатых веществ при сжигании необходимо

раскладывать в один слой так, чтобы они не соприкасались. Запрещается сжигать ВМ в их таре. Перед сжиганием ВВ необходимо убедиться в отсутствии в них СИ. Непригодные к дальнейшему использованию ящики, коробки, бумага, мешки и т.п., в том числе со следами экссудата, после осмотра и очистки от ВВ и СИ должны сжигаться отдельно от них. Для поджигания костра с ВМ необходимо с подветренной стороны прокладывать огнепроводный шнур или дорожку из легковоспламеняющегося материала длиной не менее 5 м. После поджигания взрывник должен немедленно удалиться в укрытие или за пределы опасной зоны. Поджигание может проводиться только после окончания всех подготовительных работ и вывода людей в безопасное место. Костер должен быть таким, чтобы в него не приходилось подкладывать горючий материал во время сжигания ВМ. Запрещается осмотр места сжигания до полного прекращения горения костра с ВМ.

Растворением в воде разрешается уничтожать только неводоустойчивые ВВ на основе аммиачной селитры, и дымный порох. Растворение допускается проводить в бочках и иных аналогичных сосудах, при этом не допускается загрязнение окружающей среды. Нерастворимый осадок должен собираться и уничтожаться сжиганием.

По окончании уничтожения ВМ персонал, выполнявший соответствующие операции, в том числе руководитель работ, обязан убедиться в полном уничтожении изделий с ВВ.

Освободившаяся тара должна быть тщательно очищена от остатков ВВ. Непригодная к использованию тара и тара со следами экссудата должна быть уничтожена в соответствии с требованиями проекта, утвержденного руководителем организации.

АВАРИЙНАЯ КАРТОЧКА № 1
(типовая форма)

| Наименование опасного груза подкласса 1.1 | Условный номер (или номер по списку ООН) | Степень опасности | | Код экстрен- ных мер |
|--|---|---------------------|------------------------|----------------------------|
| | | по ГОСТ 19433-88 | по ГОСТ 12.1.007-76 | |
| ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ВИДЫ ОПАСНОСТИ | | | | |
| Основные свойства | Состояние , вид (порошок, гранулы, чешуйки и т.п.). Без запаха (с запахом). В воде не растворяется (растворяется). Реагирует с кислотами, щелочами. Токсичен при пылении в случае разрушения упаковок. Горит без доступа воздуха. | | | |
| Пожаро- и взрывоопас- ность | Пожаровзрывоопасен. Чувствителен к механическому воздействию (удар, трение), открытому пламени, повышенной температуре, электрическим и электростатическим разрядам. Взрывается массой. Радиус опасной зоны 500 м | | | |
| Опасность для человека | При горении и взрыве возможны ожоги, осколочные ранения, контузии. Могут выделяться токсичные газы или газы раздражающего действия. Возможны отравления при вдыхании пыли ВВ. | | | |
| СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ | | | | |
| При работах с россыпью (разливом) ВМ из упаковок необходимо применять респиратор типа "Лепесток", "Астра-2", РТП-67А, противогаз марки БКФ; хлопчатобумажную одежду и перчатки; резиновые сапоги или галоши. При пожаре - соответствующий самоспасатель или противогаз марки В с аэрозольным фильтром, защитный костюм группы То. | | | | |
| НЕОБХОДИМЫЕ ДЕЙСТВИЯ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ | | | | |
| При дорожно- транспортном происшествии | В случае ДТП водитель действует в соответствии с "Правилами дорожного движения". Кроме того, следует: при необходимости принять меры для вызова скорой медицинской помощи, пожарной охраны, органов внутренних дел, госгортехнадзора, санэпиднадзора, специалистов по грузу и ликвидации аварий; организовать оказание первой медицинской помощи пострадавшим; по возможности, не допускать посторонних лиц к месту ДТП; по прибытии на место ДТП вызванных представителей органов и служб проинформировать их об опасности и принятых мерах, предъявить транспортные документы. | | | |

| | |
|--|--|
| <p>при пожаре</p> | <p>При развале, повреждении упаковок и рассыпании ВМ место остановки дополнительно обозначить двумя знаками "Въезд запрещен", не допускать движения в зоне ДТП, устранить источники огня. Не курить.</p> <p>Принять меры по защите окружающей среды.</p> <p>Не допускать попадания ВМ в водоемы и канализацию.</p> <p>В случае загрязнения местности оповестить местные органы власти и санэпиднадзора.</p> <p>Рассыпавшиеся из упаковок изделия не перемещать до прибытия специалистов.</p> <p>При загорании транспортного средства и оборудования принять меры по недопущению огня к ВМ. Вызвать пожарную охрану.</p> <p>Использовать для тушения воду, углекислоту, сухие огнетушащие средства согласно коду экстренных мер.</p> <p>При угрозе загорания упаковок с ВМ удалить людей на безопасное расстояние.</p> <p>При воспламенении ВМ и развитии пожара тушение и другие виды работы немедленно прекратить и всем покинуть опасную зону.</p> <p>Ликвидацию последствий аварии начинать не раньше, чем через 2 часа после окончания пожара.</p> |
| <p>МЕРЫ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ</p> | |
| <p>Вызвать скорую медицинскую помощь. Оказать первую медицинскую помощь, соответствующую характеру травм: при ранении наложить повязку, при кровотечении - жгут, при переломе (вывихе) - шину, при необходимости сделать искусственное дыхание, при отравлении сделать промывание. Госпитализация.</p> | |

Список использованной литературы

1. Башкуев Э.Б., Бейсебаев А.М., Богацкий Б.Ф. Проектирование взрывных работ в промышленности. – 2 изд. перераб. и доп. - М.: Недра, 1983. – 359 с.
2. Ганопольский М.И., Барон В.Л., Белин В.А., Пупков В.В, Сивенков В.И. Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы; Учебное пособие / Под ред. проф. В.А. Белина. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 563 с.
3. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – 3 изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 358 с.
4. Единые правила безопасности при взрывных работах / Редкол.: М.П. Васильчук и др.; Утв. Госгортехнадзором России 1992 г. – М.: НПО ОБТ, 1992.
5. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. – Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2007. – 471 с.
6. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. – Ч. 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: Учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 512 с.
7. Оника С.Г. Взрывы вблизи объектов / С.Г. Оника – Минск: Тэхналогія, 2006. – 183 с.
8. Шапурін О.В., Кирик П.Я. Руйновання гірничих порід вибухом: Навч. посібник. – К.: ІСДЮ, 1996. – 280 с.
9. Щукин Ю.Г., Лютиков Г.Г., Поздняков З.Г. Средства инициирования промышленных взрывчатых веществ: Учеб. для техникумов. – М.: Недра, 1996. – 155 с.