

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

**И. Б. Катанов В. А. Ковалев**

**УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ  
НА КАРЬЕРАХ**

**Учебное пособие**

Кемерово 2016

УДК 622.235:622.271.32+658.345

Рецензенты:

Кафедра открытых горных работ института геологии и геотехнологии Сибирского федерального университета (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор А. И. Косолапов)

Кафедра открытых горных работ Сибирского государственного индустриального университета (зав. кафедрой кандидат технических наук В. В. Чаплыгин)

Доктор технических наук, член ученого совета АО «НЦ ВостНИИ» П. И. Кушнеров

Катанов, И. Б. **Управление безопасностью при буровзрывных работах на карьерах** : учеб. пособие / И. Б. Катанов, В. А. Ковалев ; КузГТУ. – Кемерово, 2016. – 156 с.

ISBN 978-5-906805-80-5

Рассмотрены основные параметры и дан анализ способов и средств обеспечения безопасности буровзрывных работ в различных горнотехнических условиях. Раскрываются вопросы управления технологическими процессами, связанными с изготовлением промышленных взрывчатых веществ, заряданием взрывных скважин, монтажом взрывной сети. Приведены критерии опасности взрывных работ и основные методы их расчета.

Подготовлено по дисциплинам «Технология и безопасность взрывных работ» и «Буровзрывные работы» и предназначено для студентов специальностей 21.05.04 «Горное дело» и 21.05.26 «Прикладная геология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 622.235:622.271.32+658.345

© КузГТУ, 2016

©Катанов И. Б.,

ISBN 978-5-906805-80-5

Ковалев В. А., 2016

## Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	6
<b>1. Основные понятия, термины и определения</b> .....	9
1.1. Основные требования к персоналу для руководства и ведения взрывных работ.....	10
1.2. Общие правила ведения взрывных работ.....	11
<b>2. Буровое оборудование</b> .....	13
2.1. Вращательное бурение с режущим инструментом.....	13
2.2. Станки шарошечного бурения.....	15
2.3. Станки ударно-вращательного бурения.....	17
2.4. «Иностранцы».....	18
2.5. Требования безопасности при бурении скважин.....	19
Контрольные вопросы.....	21
<b>3. Промышленные взрывчатые вещества</b> .....	22
3.1. Краткая история создания взрывчатых веществ.....	22
3.2. Классификации взрывчатых веществ.....	23
3.3. Основные компоненты промышленных ВВ.....	28
3.4. Добавки к аммиачно-селитренным ВВ.....	31
Контрольные вопросы.....	31
<b>4. Технология и безопасность изготовления взрывчатых веществ</b> .....	32
4.1. Гранулированные взрывчатые вещества.....	32
4.2. Водосодержащие взрывчатые вещества.....	40
4.3. Требования к обустройству стационарных пунктов приготовления ВВ.....	50
Контрольные вопросы.....	51
<b>5. Управление условиями ведения взрывных работ</b> .....	52
5.1. Факторы, определяющие качество подготовки пород при взрывной технологии.....	52
5.2. Горнотехнические и гидрогеологические условия ведения взрывных работ.....	57
Контрольные вопросы.....	64
<b>6. Технология заряжания взрывных скважин</b> .....	65
6.1. Конструкции скважинных зарядов.....	65
6.2. Управление процессом заряжания взрывных скважин.....	68
6.2.1. Взрывные работы в сухих скважинах.....	68
6.2.2. Взрывные работы в обводненных скважинах.....	70

6.3. Управление качеством взрывных работ на карьерах короткозамедленным взрыванием.....	77
Контрольные вопросы.....	80
<b>7. Системы инициирования зарядов ВВ.....</b>	<b>81</b>
7.1. Технология и безопасность огневого и электроогневого инициирования зарядов.....	81
7.1.1. Подготовка средств инициирования ВВ.....	81
7.1.2. Патрон-боевик.....	83
7.2. Технология и безопасность инициирования зарядов при помощи детонирующего шнура.....	87
7.3. Технология и безопасность инициирования зарядов неэлектрическими системами инициирования с низкоэнергетическими проводниками импульсов.....	92
7.4. Электродетонаторы для инициирования зарядов ВВ.....	99
7.5. Технология инициирования зарядов с использованием электронных детонаторов.....	106
7.6. Производство взрывов на карьерах по радиосигналу.....	111
Контрольные вопросы.....	112
<b>8. Безопасность ведения взрывных работ.....</b>	<b>114</b>
8.1. Безопасное расстояние по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления.....	114
8.2. Безопасное расстояние для зданий и сооружений по сейсмическому действию взрыва.....	116
8.3. Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения.....	120
8.4. Безопасное расстояние по действию УВВ на человека.....	122
8.5. Безопасное расстояние по действию ядовитых газов.....	122
Контрольные вопросы.....	128
<b>9. Типовой проект ведения взрывных работ.....</b>	<b>129</b>
9.1. Краткая горно-геологическая характеристика условий ведения БВР.....	129
9.2. Сопротивляемость вскрышных пород и полезного ископаемого взрывному разрушению.....	129
9.3. Технологическая характеристика условий ведения БВР.....	129
9.4. Методы и порядок ведения ВР.....	130
9.5. Сведения об охраняемых объектах.....	130

9.6. Расчет параметров БВР .....	130
9.7. Определение параметров опасных зон .....	131
9.8. Организация БВР .....	131
9.9. Приложения к проекту .....	131
9.10. Проект массового взрыва .....	132
9.11. Подготовка массового взрыва .....	133
9.12. Организация проведения массового взрыва .....	135
Контрольные вопросы .....	136
<b>10. Отрицательные результаты взрывов</b> .....	137
10.1. Некачественная подготовка горной массы .....	137
10.2. Отказы скважинных зарядов .....	139
10.3. Причины отказов при массовых взрывах и их признаки .....	140
10.4. Ликвидация отказов .....	140
Контрольные вопросы .....	141
<b>11. Методы испытаний ВМ</b> .....	142
11.1. Разновидность методов испытания ВВ .....	142
11.2. Определение скорости детонации .....	142
11.3. Испытание ВВ на полноту детонации .....	144
11.4. Испытание ВВ на передачу детонации .....	144
11.5. Определения работоспособности ВВ .....	145
11.6. Определение бризантности ВВ .....	147
11.7. Определение объема и состава газов при взрыве .....	148
11.8. Определение теплоты взрыва .....	148
11.9. Определение чувствительности ВВ .....	150
11.10. Методы уничтожения ВМ .....	151
Контрольные вопросы .....	151
<b>Заключение</b> .....	152
<b>Приложение. Пример расчета основных параметров короткозамедленного взрывания</b> .....	153
<b>Список рекомендуемой литературы</b> .....	155

## *Предисловие*

Управление промышленной безопасностью это процесс осуществления взаимосвязанных организационных и технических мероприятий с целью предупреждения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. С 1 января 2014 года в соответствии с п. 3 ст. 11 Федерального закона № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты (ОПО) I или II класса опасности, обязаны создать систему управления промышленной безопасностью (СУПБ) и обеспечить ее функционирование.

Открытые горные работы по добыче полезных ископаемых с применением взрывчатых веществ относятся ко II классу опасности. СУПБ предприятий, в т. ч. по добыче полезных ископаемых открытым способом, включает в себя:

- определение задач и целей организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты;
- прогнозирование и анализ риска аварий на опасных производственных объектах;
- планирование и полную реализацию мер по снижению риска аварий на опасных производственных объектах;
- координацию работ по предупреждению аварий и инцидентов на ОПО;
- осуществление производственного контроля за четким соблюдением требований промышленной безопасности;
- безопасность применения технических устройств на ОПО;
- участие работников организаций, эксплуатирующих ОПО, в разработке и реализации мер по снижению всевозможного риска аварий на опасных производственных объектах;
- информационное обеспечение деятельности в области промышленной безопасности;
- материальное и финансовое обеспечение мероприятий, которые осуществляются в рамках системы управления промышленной безопасностью.

Обеспечение безопасного функционирования всех технологических процессов, связанных с проведением буровзрывных работ,

основывается на взаимосвязях производственных служб горного предприятия и выполнении требований нормативных документов.

Основными нормативно-правовыми документами, регламентирующими безопасное ведение взрывных работ, являются федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности.

Правила [11] являются обязательными для выполнения организациями, осуществляющими деятельность, связанную с обращением взрывчатых материалов промышленного назначения.

Организации, ведущие взрывные работы (работы с взрывчатыми материалами), должны иметь обученный персонал – исполнителей и руководителей взрывных работ, имеющих Единые книжки взрывника (ЕКВ). Такие организации должны получать разрешение на ведение работ с взрывчатыми материалами промышленного назначения.

Взрывчатые материалы, применяемые при взрывных работах, должны иметь разрешение на их применение, выданное федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. Все промышленные взрывчатые материалы (взрывчатые вещества, средства инициирования и прострелочно-взрывная аппаратура) относятся к 1 классу опасности и разделяются на группы совместимости при хранении и транспортировании, подклассы по чувствительности и классифицируются по условиям применения.

Документами [11, 17] установлены общие требования к испытаниям и уничтожению взрывчатых материалов, а также требования к персоналу для взрывных работ, требования безопасности при применении средств инициирования, общие требования безопасности при ведении взрывных работ, требования безопасности по устройству и эксплуатации складов взрывчатых материалов и пр.

Технологический процесс подготовки горных пород к выемке с использованием промышленных ВВ является наиболее опасным в горном производстве. С ним связано наибольшее количество несчастных случаев и человеческих жертв (таблица). Поэтому системой управления промышленной безопасностью при проведении буровзрывных работ предусмотрено наличие специальных инструкций, наставлений и правил, без знания и соблюдения которых нельзя не только вести взрывные работы, но даже иметь какое-либо соприкосновение с взрывчатыми веществами и средствами для их инициирования.

В соответствии с «Правилами ...» [11] к руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие техническое образование, окончившие специальные учебные заведения или курсы, дающие право технического руководства горными и взрывными работами.

### *Анализ травматизма при ВР*

Причины	Количество, %		
	легкие	тяжелые	смертельные
1. Поражение осколками породы из-за несоблюдения безопасных расстояний	34	34	41
2. Неправильное расположение и неисправность укрытий для взрывников	8	4	6
3. Неправильное обращение с детонаторами	12	17	1
4. Преждевременные взрывы зарядов	5	8	12
5. Задержка взрывников у зарядов при поджигании зажигательных трубок	10	3	12
6. Преждевременный подход к месту взрыва	8	9	12
7. Нарушение правил ликвидации отказавших зарядов	8	12	16
8. Прочие	15	13	–
Итого	100	100	100

К производству взрывных работ допускаются лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и получившие ЕКВ. После чего к самостоятельной работе они допускаются только после прохождения месячной стажировки под руководством опытного взрывника.

При нарушении правил безопасности взрывник отстраняется от производства взрывных работ до проверки знаний.

Общее руководство взрывными работами на предприятии возлагается на технического руководителя или на лицо, специально установленное приказом.

## ***1. Основные понятия, термины и определения***

***Буровзрывные работы*** – это совокупность технологических операций по взрывной подготовке горной массы к выемке, включающих бурение скважин, зарядание их взрывчатым веществом, проведение монтажа взрывной сети, взрывание и оценку результатов взрыва.

***Буровые работы*** – это совокупность технологических операций по установке бурового станка на ось скважины, бурению, подъему бурового става, перемещению станка на точку бурения следующей скважины.

***Буровой станок*** – это машина для бурения взрывных и горно-технических скважин различного назначения, а также шпуров при открытой и подземной разработках полезных ископаемых.

***Скважина*** – это искусственное углубление в горной породе диаметром более 75 мм при любой глубине, пробуренное, как правило, буровым станком.

***Шпур*** – это искусственное углубление в горной породе диаметром менее 75 мм при глубине до 5 м, пробуренное, как правило, бурильным молотком или перфоратором.

***Взрывные работы (ВР)*** – это совокупность технологических операций по подготовке и производству взрыва, в том числе составление проекта взрыва, доставка ВМ на блок, подготовка боевиков и зарядание скважин ВВ с установкой в них боевиков, монтаж сети, расстановка постов, взрыв и осмотр результатов взрыва.

***Взрывчатое вещество (ВВ)*** – конденсированное химическое вещество или смесь таких веществ, способное при определенных условиях под влиянием внешних воздействий (трение, нагревание, удар) к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению (взрыву) с выделением большого количества тепла и газообразных продуктов.

***Взрыв ВВ*** – чрезвычайно быстрое химическое превращение, при котором выделяются тепло и большое количество сжатых газов, способных производить механическую работу разрушения и перемещения среды (воздуха, воды, породы и др.). Для разрушения породы ВВ необходимо эффективно расположить в виде заряда.

**Заряд ВВ** – определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, с подсоединенным к нему средством инициирования (детонатора или промежуточного детонатора).

**Средства инициирования (СИ)** – небольшие заряды высокочувствительных ВВ, размещенные в гильзах или оболочках с вмонтированным в них или подсоединенным к ним средством возбуждения их детонации от начального импульса (укол, нагрев, луч огня, детонационная волна, трение и т. п.).

**Огнепроводный шнур (ОШ)** – спрессованная из дымного пороха с пластифицирующими добавками сердцевина, завернутая в нитяные оплетки с гидроизоляционной прослойкой.

**Детонатор** – средство для возбуждения первоначального импульса детонации (*капсюль-детонатор, электродетонатор, электронный детонатор*).

**Капсюль-детонатор (КД)** – небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещенный в гильзе и инициируемый от огнепроводного шнура.

**Электродетонатор (ЭД)** – небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещенный в металлической гильзе, инициируемый электрическим током.

**Электронный детонатор (ЭДЭЗ)** – электродетонатор с микросхемой для управления временем замедления.

**Промежуточный детонатор (ПД)** – небольшой заряд или шашка из высокочувствительного ВВ, предназначенный для возбуждения детонации основного заряда из менее чувствительного ВВ.

**Патрон-боевик** – тротиловая или гексогеновая шашка, патрон аммонита бЖВ, сибирита, эмульсолита и т. п. с подсоединенным средством его инициирования (детонатор, ДШ).

**Ударно-волновая трубка (УВТ)** – трубка, на внутренней поверхности которой напылен тонкий слой инициирующего состава, передающего ударную волну, инициирующую детонаторы взрывной сети.

### ***1.1. Основные требования к персоналу для руководства и ведения взрывных работ***

Техническое руководство взрывными работами, подразумевающее управление технологическими процессами, связанными с об-

ращением с взрывчатыми материалами на производственных объектах, разработкой, согласованием и утверждением технических документов, регламентирующих порядок выполнения взрывных работ, возлагается на работников, имеющих горнотехническое образование, сдавших экзамены квалификационной комиссии и получивших ЕКВ. Право технического руководства взрывными работами получают лица, окончившие высшие и средние специальные учебные заведения с присвоением квалификации горного инженера.

Лица, имеющие право руководства взрывными работами, допускаются к самостоятельной работе взрывниками без обучения, после сдачи экзамена и стажировки в течение месяца.

Взрывник может выполнять только те виды взрывных работ, которые указаны в ЕКВ. При переходе на работу в другую организацию взрывник сохраняет право на производство того вида взрывных работ, который указан в ЕКВ, например, взрывные работы на открытых горных разработках или взрывные работы при проведении горноразведочных выработок и т. д.

При проведении взрывных работ ЕКВ должны находиться непосредственно у взрывников.

В помощь взрывнику разрешается назначать помощников, которые должны быть проинструктированы под роспись и под непосредственным руководством и контролем взрывника могут выполнять работы по подготовке взрыва, но не связанные с обращением со средствами инициирования и патронами-боевиками.

Заведующими складами взрывчатых материалов (ВМ) и механизированными пунктами подготовки ВВ должны назначаться лица, имеющие право руководства взрывными работами, или взрывники и раздатчики ВМ, прошедшие обучение по программе подготовки заведующих складами ВМ, с соответствующей записью в ЕКВ.

## ***1.2. Общие правила ведения взрывных работ***

При производстве взрывных работ (работ с взрывчатыми материалами) необходимо проводить мероприятия по обеспечению безопасности персонала взрывных работ, предупреждению отравлений людей пылью взрывчатых веществ и ядовитыми продуктами взрывов, а также осуществлять комплекс мер, исключая возможность взрыва пыли взрывчатых веществ и взрывааемой массы.

Эти меры должны утверждаться руководителем организации (шахты, рудника, карьера и т. п.).

Взрывные работы должны выполняться взрывниками под руководством лица технического надзора по письменным нарядам с ознакомлением под роспись и соответствующим наряд-путевкам и проводиться только в местах, отвечающих требованиям правил и инструкций по безопасности работ.

При одновременной работе нескольких взрывников в пределах общей опасной зоны одного из них необходимо назначить старшим. Свои распоряжения он должен подавать голосом или заранее обусловленными и известными взрывникам сигналами. Взрывник во время работы обязан быть в соответствующей спецодежде, иметь при себе часы, выданные организацией, необходимые приборы и принадлежности для взрывных работ. При взрывании несколькими взрывниками часы могут быть только у старшего взрывника.

Взрывание зарядов взрывчатых веществ должно проводиться по оформленной в установленном порядке технической документации (проектам, паспортам и т. п.). С такими документами персонал, осуществляющий буровзрывные работы, должен быть ознакомлен под роспись. Проекты необходимо составлять для взрывания скважинных, камерных, котловых зарядов, в том числе при выполнении взрывных работ на строительных объектах, разрушении зданий и сооружений, простреливании скважин, ведении дноуглубительных и ледоходных работ, работ на болотах, подводных взрывных работ, при взрывании горящих массивов, выполнении сейсморазведочных работ, производстве иных специальных работ.

Каждая организация, ведущая взрывные работы с применением *массовых взрывов* (на открытых работах это взрыв смонтированных в общую взрывную сеть двух и более скважинных, котловых или камерных зарядов, независимо от протяженности заряжаемой выработки, а также единичных зарядов в выработках протяженностью более 10 м; на подземных работах массовым считается взрыв, при осуществлении которого требуется больше времени для проветривания и возобновления работ в шахте, чем это предусмотрено в расчете при повседневной организации работ), должна иметь типовой проект производства буровзрывных работ, являющийся базовым документом для разработки паспортов и проектов, в том числе

и проектов массовых взрывов, выполняемых в конкретных условиях.

## ***2. Буровое оборудование***

В ближайшее десятилетие в России ожидаемые годовые объемы бурения на открытых горных, земляных и строительных работах превысят 60 млн. м скважин.

Типоразмеры буровых станков определяются диаметром буримой скважины: 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400 мм. По отечественной классификации буровые станки разделяются по способу бурения.

Первый тип – станки СБР, которые бурят путем вращения режцового инструмента, установленного на шнековой штанге.

Второй тип – станки СБШ, которые бурят путем вращения шарошечных долот.

Третий тип – станки СБУ, которые бурят ударно-вращательным способом с погружными пневмоударниками.

Процесс бурения скважин состоит из разрушения породы буровым инструментом и выноса продуктов разрушения из скважины. Эффективность разрушения в значительной мере зависит от конструкции долота, а очистка скважины, в свою очередь, от работоспособности системы транспортирования буровой мелочи.

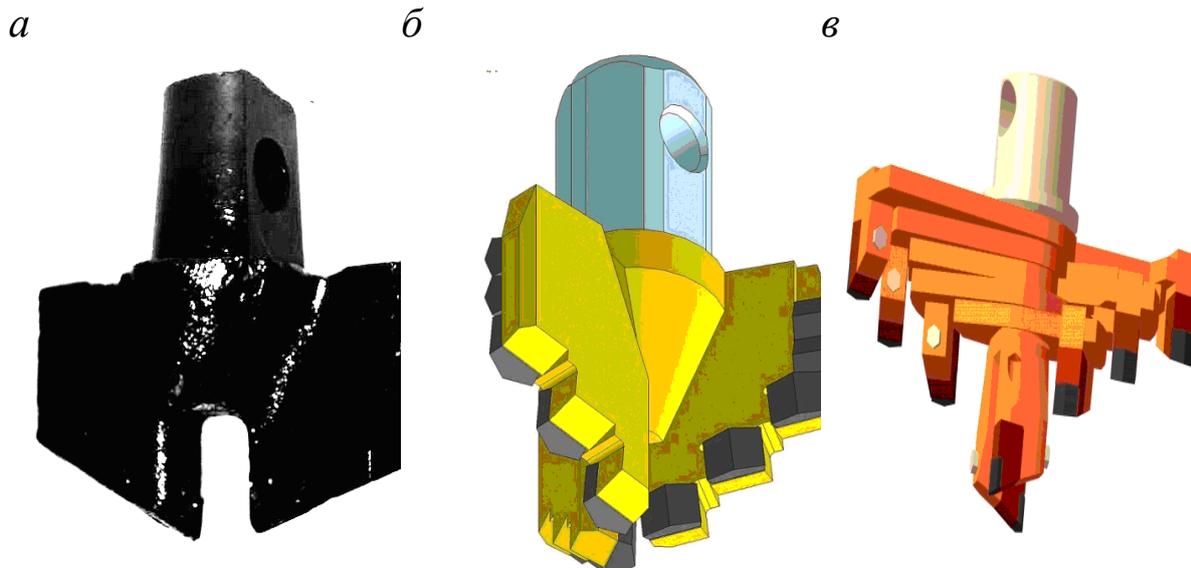
### ***2.1. Вращательное бурение с режущим инструментом***

Применяют при бурении пород крепостью  $f < 6$  по шкале проф. М. М. Протодяконова. На некоторых разрезах вскрышные породы с такой крепостью составляют до 60 % и выше.

Номинальный диаметр буримых скважин 125 и 160 мм. Породы разрушаются под воздействием режцового бурового инструмента в виде стружки.

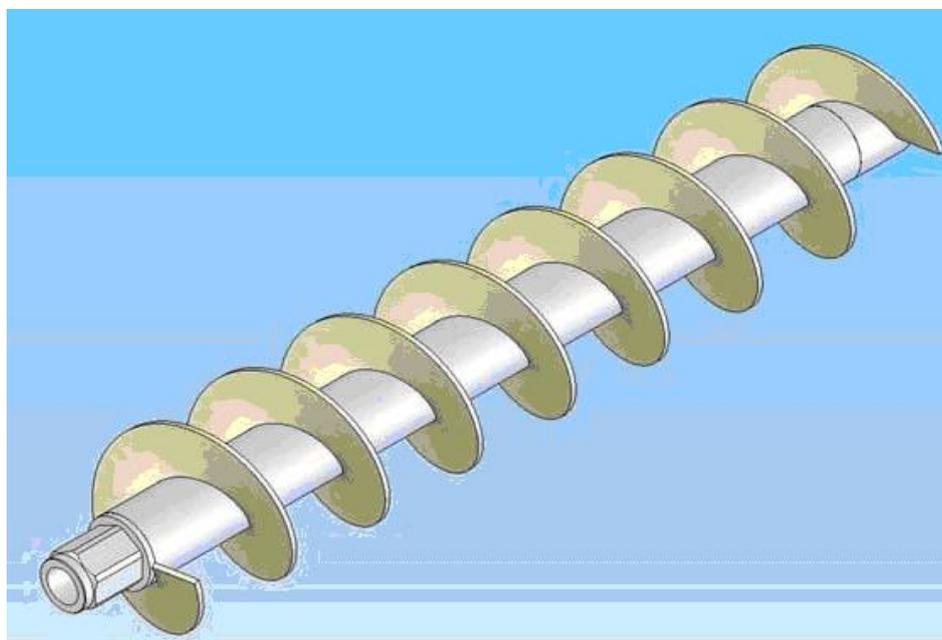
Резцовые коронки бурового инструмента различаются числом перьев (лезвий), способом их крепления, формой режущей кромки и расположением резцов на коронке (рис. 2.1).

Обычно коронки со сплошным исполнением режущей кромки применяют на породах крепостью  $f < 4$  по шкале М. М. Протодяконова. Резцовые коронки ступенчатой формы, оборудованные резцами, предназначены для бурения пород крепостью  $f = 4-6$ .



*Рис. 2.1. Режущий буровой инструмент:  
а – со сплошной кромкой; б – со ступенчатой кромкой; в – с резцами*

При вращении штанги с винтовой навивкой – шнека (рис. 2.2) порода удаляется из скважины.



*Рис. 2.2. Шнек-штанга с винтовой навивкой*

Для повышения эффективности удаления буровой мелочи используется сжатый воздух. Применение шнекопневматической очистки скважин от буровой мелочи повышает технический уро-

вень станков вращательного бурения на 10–15 % и является основой для создания универсальных станков.

На карьерах широко распространены станки СБР-160А-24 производства ОАО «Карпинский машиностроительный завод» (табл. 2.1). На базе СБР-160А-24 создан СБР-160Б-32 с увеличенной глубиной бурения до 32 м.

Таблица 2.1

***Характеристика шнекового бурового станка СБР-160А-24***

Показатели	Значения показателей
Глубина бурения, м	до 24
Диаметр скважин, мм	160–200
Угол наклона скважин к горизонту, град	90, 75, 60
Габариты, мм	4130×2810

Кафедрами горных машин и комплексов КузПИ (КузГТУ), КИЦМ (СФУ) и ИрГТУ в течение более 40 лет проводился комплекс научно-исследовательских работ по повышению эффективности бурения взрывных скважин на карьерах, в результате которых сформированы основные требования к конструкции режущего бурового инструмента. Режущие долота нашли применение на предприятиях Кузбасса, «Востсибуголь», «Якутзолото», «Северовостокзолото» и других.

Бурение пород крепостью  $f > 6$  станками вращательного бурения с резцовыми коронками малоэффективно, т. к. значительно повышается износ резцов, имеет место сильная вибрация бурового става, скорость бурения низкая.

***2.2. Станки шарошечного бурения***

Станками вращательного бурения с шарошечными долотами, бурят около 80 % всех взрывных скважин на карьерах. Номинальный диаметр скважин от 160 до 400 мм. Применяются при бурении пород крепче  $f > 6$ . Самыми распространенными станками шарошечного бурения являются станки СБШ-250МНА-32 (модификация СБШ-250-55), 3СБШ-200-60 (на базе 3СБШ-200Н), 6СБШ-200-32 и их более ранние версии (табл. 2.2).

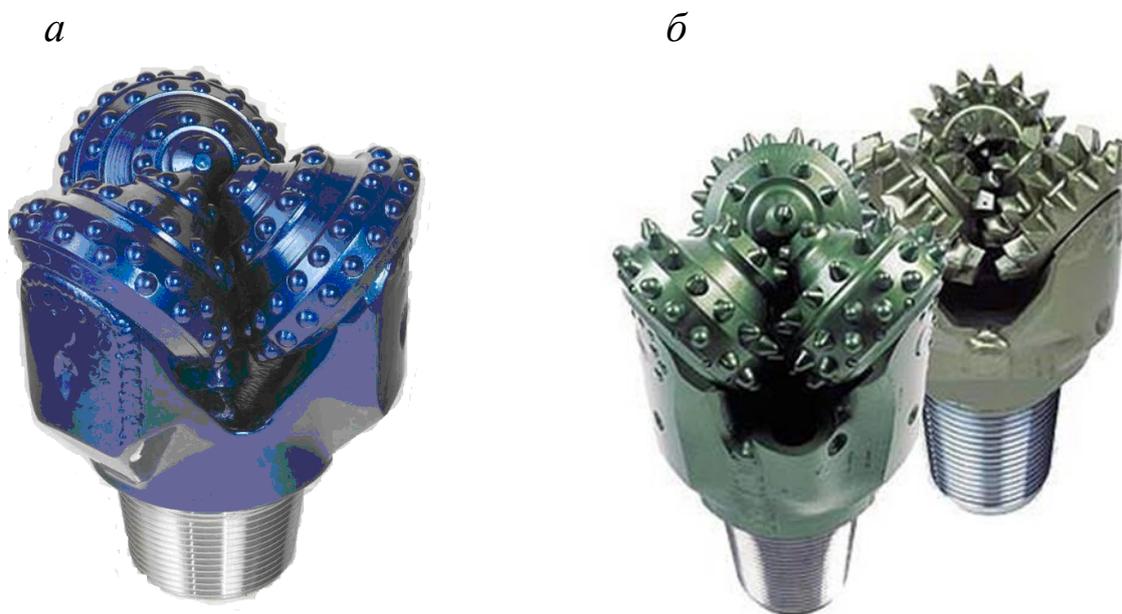
Более легкие СБШ-160/200-40 и СБШ-160/200-40Д (с дизельным приводом), выпускаемые ОАО «Рудгормаш», являются прямыми конкурентами станков ЗСБШ-200-60 ОАО «Бузулуктяжмаш».

Таблица 2.2

**Характеристики шарошечных буровых станков**

Показатели	Значения показателей	
	6СБШ-200-32	СБШ-250МНА-32
Диаметр бурения, мм	216–250	250–270
Глубина бурения, м	до 40	до 32
Направление бурения, град	60, 75, 90	60, 75, 90
Длина штанги, мм	8060	8200
Ход непрерывной подачи, м	1,0	8,0
Скорость передвижения, км/ч	0,75	0,75
Масса станка, т	54	77

Шарошечные долота состоят из сваренных между собой секций, на цапфах лап которых вращаются смонтированные шарошки, и являются неразборными конструкциями (рис. 2.3).



*Рис. 2.3. Шарошечные долота:  
а – со сферическими зубками; б – с клиновидными зубками*

Срок службы шарошечных долот практически определяется стойкостью подшипников опор. На шарошках установлены твердосплавные зубки различной формы (сферической или баллистиче-

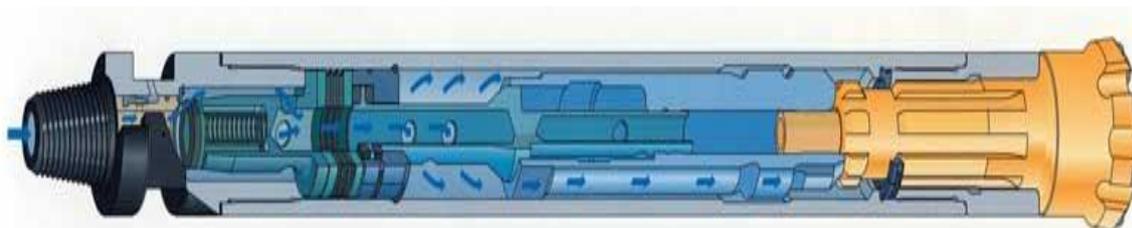
ской, т. е. клиновидной). Шарошки обкатываются по поверхности забоя, и зубки под большим усилием внедряются в породу, создавая максимальные напряжения сдвига в разрушаемом слое. От породного массива отделяются чешуйки (буровая мелочь), которые выносятся из скважины сжатым воздухом.

Для повышения эффективности бурения отдельными учеными и целыми организациями предпринимались неоднократные попытки создать комбинированные режущие-шарошечные долота, сочетающие в себе преимущества режущего и шарошечного способов бурения.

### ***2.3. Станки ударно-вращательного бурения***

Наиболее продуктивно станками с ударно-вращательным способом бурения типа СБУ производят бурение на крепких породах, например на гранитах. Применяются для бурения пород крепче  $f > 10$  с диаметром скважин от 100 до 200 мм. Эти станки широко востребованы и при обурировании труднодоступных участков, при работе в сложных горно-геологических условиях, на стесненных рабочих площадках.

Ударно-вращательное бурение отличается от шарошечного бурения способом создания усилия на рабочем инструменте. Долото для СБУ снабжено твердосплавными зубками с рабочей поверхностью сферической формы, которые внедряются в породу при ударном воздействии, передаваемом на долото через буровой став погружным гидроударником или пневмоударником (рис. 2.4).



*Рис. 2.4. Пневмоударник*

При этом вращатель бурового станка непрерывно поворачивает буровой став, обеспечивая тем самым рассредоточенное внедрение зубков по всей поверхности забоя скважины. При внедрении зубков в разрушаемом породном слое возникают максимальные

напряжения сдвига, вокруг зубков происходит скол чешуек, которые удаляют из скважины сжатым воздухом.

В России станки пневмоударного бурения СБУ-100Н-35; СБУ-100Г-32 (СБУ-100П-35); 2СБУ-100-32М; 3СБУ-100-32; СБУ-100ГА-30; СБУ-125-24; СБУ-125А-32 и СБУ-125У-52 изготавливаются Кыштымским машзаводом с условными диаметрами 100 (125) и 125 (160) мм.

#### 2.4. «Иностранцы»

За рубежом буровые станки вращательного бурения выпускаются фирмами Atlas Copco, Ingersoll-Rand, Bucyrus-Erie, Tamrock-Driltech, Harnischfeger P&H и другими (табл. 2.3).

Таблица 2.3

#### *Технические характеристики буровых станков Atlas Copco*

Наименование параметров	Ед. изм.	Значение параметров		
		DML	PV-273	T4BH
Диаметры бурения	мм	149–270	171–270	149–254
Глубина бурения	м	62,5	59,4	54,1
Угол наклона скважины	град	60–90	60, 75, 90	максимальный угол 80 с интервалами по 5
Осевое усилие	кН	267	311	133
Мощность вращателя	кВт	120	–	–
Частота вращения	об/мин	0–160	0–130	200
Крутящий момент	кН·м	9,67	13,8	9,7
Скорость подачи	м/мин	0,7	0,6	18,3
Мощность дизеля	л. с.	525	–	600
Скорость хода	км/ч	0–2,7	3,2	–
Ходовая часть		CAT 320S	гусеничный	автомобиль
Масса станка	т	50	84	26,3

Анализ технических характеристик отечественных и зарубежных буровых станков показывает, что выпускаемые в настоящее время серийно станки вращательного бурения пока не выдерживают конкуренции с зарубежной техникой. Главное, в чем они проигрывают лучшим зарубежным станкам, это низкая надежность. Впро-

чем, если сравнивать и другие параметры, такие как производительность, экономичность, условия работы и обслуживание, то и здесь превосходство импортных машин тоже налицо. Карьерные станки вращательного бурения, как легкого (СБР), так и тяжелого (СБШ) типов, должны быть универсальными и в зависимости от горно-геологических условий иметь возможность оснащаться режущим, комбинированным или шарошечным долотом. При этом конструкция станка должна обеспечивать возможность регулирования в широких пределах параметров режима бурения (осевого усилия, частоты вращения и крутящего момента на долоте), а при очистке скважин – регулирования количества сжатого воздуха, подаваемого в скважину. Тогда с учетом специфики горно-геологических условий месторождений для бурения скважин диаметром 125–270 мм достаточно иметь два типоразмера универсальных станков вращательного бурения, это станок легкого типа, у которого основным видом породоразрушающего инструмента должны быть режущие долота, и тяжелого типа, оснащаемого шарошечными, режущими и комбинированными долотами.

### ***2.5. Требования безопасности при бурении скважин***

Промышленная безопасность в процессе бурения шпуров и скважин регламентируется «Правилами безопасности...» [12, 13].

Перед началом бурения скважин на рабочей площадке уступа маркшейдерской службой карьера устанавливаются места расположения скважин первого ряда. Бурение скважин осуществляется строго по паспорту бурения, утвержденному техническим руководителем предприятия. Отклонение параметров сетки скважин (расстояние между скважинами в ряду –  $a$  и между рядами скважин –  $b$ ) не должно превышать 10 %. При больших отклонениях необходимо проводить корректировочный расчет параметров взрывных работ или обуренный блок бракуется по акту.

При ведении буровых работ возможно применение прямоугольной или шахматной сетки скважин. Форму сетки скважин устанавливают с учетом угла между направлением максимальной скорости упругой волны в массиве и линией откоса уступа. Если этот угол находится в интервале от 30 до 60°, то следует принимать прямоугольную сетку скважин, в остальных случаях необходимо

принимать шахматную сетку скважин. В зависимости от принятой сетки выбирается схема перемещения буровых станков. Обустройство блока по прямоугольной сетке скважин производится по поперечно-возвратной схеме (рис. 2.5, а) или по поперечно-диагональной схеме перемещения буровых станков при шахматной сетке (рис. 2.5, б).

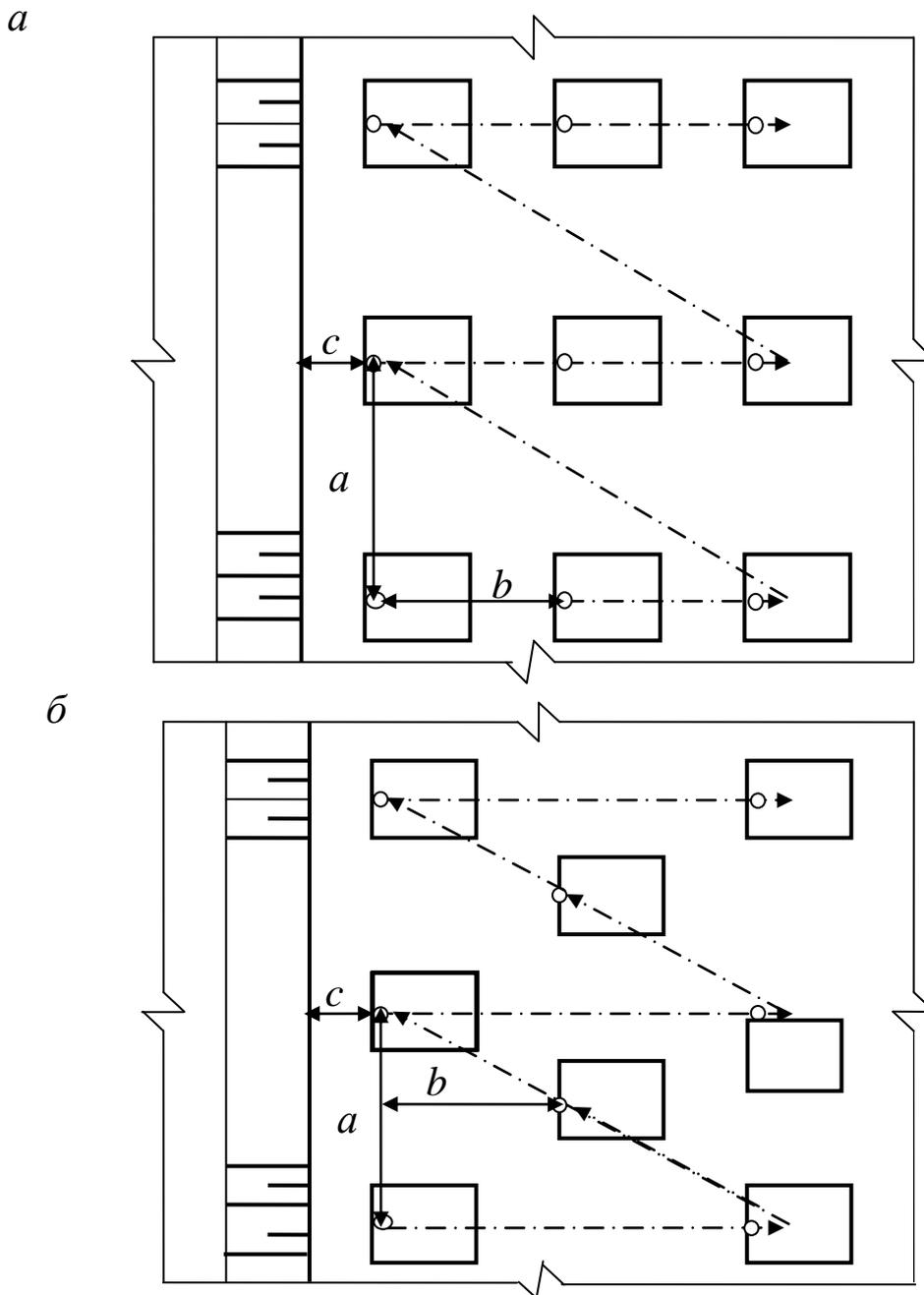


Рис. 2.5. Схемы перемещения буровых станков:  
а – поперечно-возвратная; б – поперечно-диагональная

Для обеспечения безопасной работы буровой станок должен быть установлен на спланированной площадке. Расстояние от бров-

ки уступа до ближайшей опоры станка – с должно быть не менее двух метров, а его продольная ось при бурении первого ряда скважин должна быть перпендикулярна бровке уступа. После бурения устье каждой скважины более 250 мм должно быть перекрыто пробками, предотвращающими их засорение породой.

Безопасность работы бурового станка обеспечивается периодическими осмотрами основных узлов обслуживающим персоналом и механиком участка с регистрацией результатов в журнале. Запрещается эксплуатация буровых станков с неисправными ограничителями переподъема бурового снаряда, тормозе лебедки и сбоях в работе системы пылеподавления. При необходимости проводится своевременный ремонт.

Буровые станки, как и все технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

***Рекомендуемая литература по разделу [4, 8, 10, 12, 13]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Классификация буровых станков по способу бурения.
2. В каких горно-геологических условиях рекомендуется применять буровые станки с режущим буровым инструментом?
3. В каких горно-геологических условиях рекомендуется применять буровые станки с шарошечным буровым инструментом?
4. В каких горно-геологических условиях рекомендуется применять буровые станки ударно-вращательного бурения?
5. Чем регламентируется безопасная работа буровых станков при бурении взрывных скважин?
6. По какой схеме производится обустройство блока при прямоугольной сетке скважин?
7. По какой схеме производится обустройство блока при шахматной сетке скважин?

### 3. Промышленные взрывчатые вещества

#### 3.1. Краткая история создания взрывчатых веществ

Единственное взрывчатое вещество, известное в течение более 1000 лет, – это дымный порох. Точной даты его создания не может назвать никто. Одна из версий происхождения состоит в том, что в 300–200 годах до нашей эры порох был приготовлен в Китае. Затем в первом веке нашей эры порох попал в Индию и Аравию, а в VI веке нашей эры – в Византию. Дымный порох состоит из калиевой селитры (75 %), серы (10 %) и древесного угля (15 %).

В России первое упоминание о порохе встречается со времен правления Дмитрия Донского. Мощный толчок получила выделка пороха при Иване Грозном. Производство пороха было чрезвычайно опасным. Взрывы и жертвы были постоянно. Например, известно, что Москва полностью выгорала из-за взрывов на пороховых складах. При Петре I создаются первые государственные пороховые заводы, развивается пиротехническое искусство.

В XVII веке порох стали использовать в горном деле в шахтах для дробления скальных пород. Однако энергия, а следовательно, и дробящая способность черного пороха не слишком высока, поэтому перед учеными XIX века стояла задача создания новых взрывчатых веществ.

Ученый Асканио Собrero провел опыты по соединению глицерина с азотной кислотой. Образовавшаяся маслянистая жидкость получила название нитроглицерин. Нитроглицерин нельзя нагревать, опасно встряхивать, он может взорваться даже в момент получения. С нитроглицерином связаны почти все крупнейшие открытия Альфреда Нобеля. В 1863 году он взял патент в Швеции на применение нитроглицерина в технике, изобрел способ безопасного производства этого вещества и его транспортировки. Так как нитроглицерин неудобен для промышленного применения из-за жидкой консистенции, Нобель искал возможность применять его в смеси с твердыми, сыпучими и пористыми веществами. Идеальным материалом оказался *диатомит* (кизельгур или горная мука) – осадочная горная порода, состоящая преимущественно из останков диатомовых водорослей. На внешний вид она обычно рыхлая или слабо сцементированная, светло-серого или желтоватого цвета. Размеры

частиц породы находятся в пределах от 3 мкм до 1 мм. Смесь нитроглицерина и диатомита получила название *динамит*. По мощности эта взрывчатка превосходила порох в пять раз. Альфред Нобель изобрел детонатор с гремучей ртутью, который практически без изменений применяется и в настоящее время.

В середине XIX века был получен *тротил* (тринитротолуол), который только в начале XX века получил широкое распространение в качестве взрывчатки. Главное достоинство по сравнению с ранее известными ВВ была его безопасность в обращении и относительная дешевизна. Смесь тротила с аммиачной селитрой в различных соотношениях под названием аммониты появилась в 1885 году. Тротил легко сплавляется с другими веществами, например с гексогеном.

*Гексоген* синтезировали в 1899 году как лекарство. Только в 1920 году выяснилось, что гексоген – это сильнейшая взрывчатка, превосходящая тротил. В наше время гексоген входит в состав многих ВВ.

В 1921 году произошла одна из крупнейших катастроф. Взорвался огромный склад аммиачной селитры, которая не считалась взрывчатым веществом, но оказалось, что при благоприятном стечении ряда факторов она может взорваться. Установив причину взрыва, аммиачную селитру в соединении с горючими добавками стали использовать как основную составляющую промышленных ВВ.

### ***3.2. Классификации взрывчатых веществ***

Многообразие условий применения промышленных ВВ вызвало необходимость иметь широкий их ассортимент, насчитывающий десятки наименований.

Промышленные ВВ должны отвечать ряду требований, предъявляемых к ним для обеспечения эффективного и безопасного использования их по назначению. Промышленные ВВ должны обладать пониженной чувствительностью к внешним воздействиям, т. е. быть безопасными в обращении, транспортировании и хранении, иметь относительно невысокую стоимость, не должны оказывать вредного влияния на организм человека. Вместе с тем, они должны обладать достаточной мощностью, безотказно детонировать от современных средств инициирования, обеспечивать устойчивую де-

тонацию по всей массе ВВ, сохранять свои свойства в течение гарантийного срока хранения, а также длительного нахождения в зарядных емкостях. Должны быть пригодными к механизированному заряданию и обладать достаточно высокой водоустойчивостью на случай их применения в обводненных скважинах.

Для правильного выбора ВВ и применения в тех или иных горнотехнических условиях промышленные ВВ классифицируются по нескольким признакам, в т. ч.:

1. По химическому составу все ВВ делятся на химические соединения – однокомпонентные или индивидуальные ВВ и многокомпонентные ВВ или механические смеси.

К индивидуальным ВВ, применяемым в чистом виде или составе смесей, относятся: *тротил* (тринитротолуол)  $C_7H_5(NO_2)_3$ , *гексоген* (циклотриметилентринитрамин)  $C_3H_6N_6O_6$ , *тетрил* (тринитрофенилметилнитрамин)  $C_6H_2(NO_2)_4NCH_3$ , ТЭН (пентаэритриттетранитрит)  $C_5H_3(ONO_2)_4$ , ТНРС (тринитрорезорцинат свинца)  $C_6H_2(NO_2)_3O_2PbH_2O$ , *нитроглицерин*  $C_3H_5(ONO_2)_3$ , *нитроглицоль*  $C_2H_4(ONO_2)_2$  и др.

Эти ВВ содержат в своем составе все элементы, необходимые для протекания химической реакции взрыва.

Механические смеси или смесевые ВВ состоят из двух или более компонентов, каждый из которых выполняет определенную задачу и вступает в реакцию при взрыве.

В их состав входят:

- *окислители* – вещества, содержащие избыточный кислород, идущий на окисление горючих элементов (аммиачная, калиевая, натриевая селитры, перхлораты калия и аммония и др.);

- *горючие добавки* – твердые или жидкие добавки, богатые углеродом, водородом, которые вводятся для повышения теплоты и общей энергии взрыва (соляровое масло, древесная мука, мука злаков, порошки алюминия, магния и др.). Для этой же цели добавляют взрывчатые компоненты (тротил, гексоген и др.);

- *сенсibilизаторы* – вещества, повышающие чувствительность ВВ к начальному импульсу и передаче детонации (тротил, гексоген, нитроглицерин). В простейших ВВ (ПВВ), к которым относятся игданит и гранулиты, роль сенсibilизатора могут выполнять соляровое масло, древесная мука, алюминиевая пудра и др.;

- *стабилизаторы* – вещества, которые повышают химическую и физическую стойкость ВВ (древесная, хлопковая мука для предотвращения слеживаемости, воск, повышающий водоустойчивость, и др.);

- *флегматизаторы* – легкоплавкие вещества, имеющие высокую теплоемкость и высокую температуру вспышки, обволакивающие частицы чувствительного ВВ и не вступающие с ними в реакцию. Они создают более безопасные условия применения ВВ (вазелин, парафин, масла, тальк и др.);

- *пламегасители* – вещества, которые вводят только в предохранительные ВВ для снижения температуры взрыва (хлористые натрий, калий, аммоний и др.). В результате уменьшается вероятность воспламенения метана и угольной пыли.

2. По названию основного компонента и технологии изготовления ВВ делятся на:

2.1. *Аммиачно-селитренные*, содержащие в качестве окислителя аммиачную селитру (АС) – нитрат аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и которые, в свою очередь, подразделяются на:

- на простейшие ВВ (ПВВ), например игданиты и гранулиты, которые в качестве горючих добавок содержат невзрывчатые органические материалы (жидкие нефтепродукты, древесную муку и др.);

- аммоналы, содержащие в качестве горючего компонента порошок алюминия, магния и др.;

- аммониты – порошкообразные смеси АС с нитросоединениями, а смесь из гранулированной АС и чешуйчатого или гранулированного тротила называют граммонитами;

- водосодержащие ВВ (ВВВ) – смеси с аммиачной, калиевой и натриевой селитр и водным гелем.

2.2. *Нитросоединения* и их смеси (тротил, гранутол, алюмотол, тротилгексогеновые смеси и др.).

2.3. *Нитроэфирные* – это порошкообразные ВВ, содержащие нитроглицерин или нитроглицоль не более 15 % (детониты, угленинты и др.).

2.4. *Оксиликвиты* – вещества из измельченных углеродистых материалов типа древесного угля, сажи, пропитанные жидким кислородом или его смесью с 15–30 % жидкого азота.

2.5. *Пороха.* Дымный порох – это смесь, включающая 75 % калиевой селитры, 15 % древесного угля и 10 % серы. Бездымные пороха получают из летучих спирто-эфирных смесей и нитроэфиров.

2.6. *Хлоратные и перхлоратные ВВ* – предохранительные ВВ типа аммонит АП-5ЖВ, аммонит 1ЖВ, аммонит 3ЖВ.

3. *По характеру воздействия на окружающую среду ВВ* подразделяются и классифицируются по скорости детонации  $V_d$  на:

- высокобризантные, имеющие  $V_d$  более 4,5 км/с;
- бризантные с  $V_d = 3,5–4,5$  км/с;
- низкобризантные с  $V_d = 2,0–3,5$  км/с;
- метательные с  $V_d < 2,0$  км/с.

Высокобризантные ВВ типа тротил и гексоген используются для изготовления промежуточных детонаторов. Все бризантные ВВ составляют основу промышленных ВВ и предназначаются для дробления, разрушения и перемещения окружающей среды (горного массива).

Метательные ВВ, к которым относятся дымные пороха, применяют для изготовления огнестойкого шнура и для отбойки штучного камня, когда надо отколоть блок породы от массива с минимальным дробящим эффектом.

4. *По чувствительности (восприимчивости) к начальному импульсу из высокобризантных ВВ* выделяют специальную группу инициирующих ВВ, которые в свою очередь делятся на *первичные* и *вторичные*.

*Первичные ВВ:* гремучая ртуть  $Hg(CNO)_2$ , азид свинца  $PbN_6$ , ТНРС (тринитрорезорцинат свинца)  $C_6H_2(NO_2)_3O_2PbH_2O$ , которые детонируют в небольших массах (доли грамма) от поджигания или удара.

*Вторичные инициирующие ВВ:* тетрил  $C_6H_2(NO_2)_4NCH_3$ , гексоген  $C_3H_6N_6O_6$ , ТЭН  $C_5H_3(ONO_2)_4$  – мощнее первичных, но менее чувствительны к механическим и тепловым воздействиям и используются при изготовлении КД и ЭД для передачи инициирующего импульса от первичных инициирующих ВВ – бризантным ВВ.

5. *По физическому состоянию* различают следующие виды промышленных ВВ:

- *порошкообразные:* аммониты, аммоналы, скальный аммонит, динамоны, детонит;

- *гранулированные*: гранулотол, алюмотол, граммониты, игданит, гранулиты;
- *прессованные*: аммониты, тротил, гексоген;
- *литые*: тротил, гексоген;
- *водосодержащие*: пластичные суспензионные (акватолы, акваниты и акваналы, ифзаниты, карбатолы, горячельющиеся) и эмульсионные (порэммит, сибирит, эмульсолит и др.).

б. По степени опасности (совместимости) промышленные взрывчатые материалы (ВМ) делятся на группы совместимости (табл. 3.1) [17].

Таблица 3.1

**Группы совместимости ВВ и изделий на их основе**

Группа совместимости	Наименование веществ и изделий
<i>B</i>	Изделия, содержащие инициирующие ВВ и имеющие менее двух независимых предохранительных устройств. Капсюли-детонаторы, сборки детонаторов и капсюли, не содержащие инициирующего ВВ
<i>C</i>	Метательные ВВ и изделия (бездымный порох)
<i>D</i>	ВВ и изделия на их основе без средств инициирования и метательных зарядов; изделия, содержащие инициирующие ВВ и имеющие два или более независимых предохранительных устройства
<i>E</i>	Изделия, содержащие ВВ без средства инициирования, но с метательным зарядом (кроме содержащих легковоспламеняющуюся жидкость или гель или самовоспламеняющуюся жидкость)
<i>F</i>	Изделия, содержащие вторичные детонирующие ВВ, средства инициирования и метательные заряды, или без метательных зарядов
<i>G</i>	Пиротехнические вещества и изделия, содержащие их
<i>S</i>	ВВ или изделия, упакованные или сконструированные так, что при случайном срабатывании любое опасное проявление ограничено самой упаковкой, а если тара разрушается огнем, то эффект взрыва или разбрасывания ограничен, что не препятствует проведению аварийных мер или тушению пожара в непосредственной близости от упаковки
<i>N</i>	Изделия, содержащие ВВ чрезвычайно низкой чувствительности

Принадлежность конкретного ВМ к группе совместимости определяется разработчиком этого ВМ и указывается в соответствующей инструкции. Совместная перевозка ВМ допускается только при соблюдении условий, указанных в [11, 17].

7. По условиям применения все промышленные ВВ разделены на две группы (непредохранительные и предохранительные ВВ), разделенные на семь классов. В отдельную группу выделены ВВ специального назначения. На открытых горных работах (ОГР) применяется три класса ВВ.

I группа (непредохранительные ВВ) делится на 2 класса:

1-й класс. Для взрывания только на земной поверхности, упакованные в патроны и мешки из неокрашенной бумаги.

2-й класс. Для взрывания только 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. Эти ВВ упакованы либо в виде патронов в красную бумагу, либо в мешки из неокрашенной бумаги с красной полосой.

Специальный класс (С). Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия на их основе, предназначенные для специальных ВР, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной (сланцевой) пыли. ВВ класса С-1 используются при ВР на земной поверхности для импульсной обработки металлов; инициирования скважинных и сосредоточенных зарядов; контурного взрывания при заоткоске уступов; разрушения мерзлых грунтов; дробления негабаритных кусков горной массы; сейсморазведочных работ в скважинах; создания заградительных полос при локализации лесных пожаров и других специальных работ.

### **3.3. Основные компоненты промышленных ВВ**

*Аммиачная селитра (АС)* – азотнокислый аммоний (нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Белый кристаллический порошок с плотностью в зависимости от формы кристаллов 1,56–1,74 г/см<sup>3</sup>. Насыпная плотность  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,86–1,74 г/см<sup>3</sup>, выпускается в виде порошка, гранул, чешуек и кристаллов. Кристаллическая АС обладает высокой гигроскопичностью. При изменении влажности воздуха она

слеживается, превращаясь в камнеобразную массу. Поэтому ее выпускают с добавками железных солей жирных кислот (марка ЖВ), покрывающих кристаллы АС мономолекулярной пленкой, снижая тем самым ее гигроскопичность, слеживаемость и повышая водостойчивость. Температура плавления  $+169\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хорошо растворяется в воде. АС имеет положительный кислородный баланс  $+20\%$ . Теплота взрыва  $1400\text{ кДж/кг}$ , критический диаметр составляет  $200\text{--}250\text{ мм}$ , скорость детонации  $1950\text{ м/с}$ . В чистом виде АС не детонирует от КД, ЭД, ДШ. Для ее детонации нужен мощный промежуточный детонатор. Учитывая низкую детонационную способность, АС по условиям хранения и транспортирования не относится к ВВ. Дешевизна и простота получения аммиачной селитры, неограниченность сырьевой базы (воздух и вода), полный переход в газообразные продукты при взрыве – вот основные факторы, которые обеспечили ее широкое применение при изготовлении промышленных ВВ.

*Натриевая*  $\text{NaNO}_3$ , *калиевая*  $\text{KNO}_3$  и *кальциевая*  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  селитры, по сравнению с  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , содержат больше кислорода. Они имеют положительный кислородный баланс более  $40\%$ . Но при взрывании они образуют мало газов и много твердых окислов. Эти селитры более дорогие и имеют ограниченное применение для приготовления водосодержащих ВВ, но они повышают плотность ВВ, снижают температуру замерзания и хорошо удерживают воду в составе ВВ, препятствуя его высыханию.

*Тринитротолуол* (тротил или тол)  $\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$  – самый распространенный однокомпонентный вид ВВ. Чистый тротил состоит из кристаллов светло- или темно-желтого цвета с температурой плавления  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В порошкообразном виде тротил имеет плотность  $0,9\text{ г/см}^3$  и хорошо прессуется под давлением  $4000\text{ кг/см}^2$  до плотности  $1,6\text{ г/см}^3$ . Литой тротил имеет плотность  $1,54\text{--}1,59\text{ г/см}^3$ , а чешуйчатый или гранулированный тротил –  $1,5\text{ г/см}^3$ . Тринитротолуол практически не растворим в воде, имеет высокую химическую стойкость. Применяется в порошкообразном, чешуйчатом, гранулированном виде, а также спрессованном в виде шашек и литых кусков. Порошкообразный и спрессованный тротил взрывается от штатных КД, ЭД или нескольких ниток ДШ. Тротил входит в состав аммиачно-селитренных ВВ как сенсibilизатор и как активная горючая добавка (т. к. имеет много лишних молекул углерода). Содержит

жание тротила в смесевых ВВ изменяется от 6 до 70 %. Если в тротил попадает песок, буровая мелочь и другие твердые примеси, то резко возрастает его чувствительность к механическим воздействиям. Этот факт необходимо учитывать при зарядении скважин. Тротил имеет отрицательный кислородный баланс (–74 %), из-за чего при его взрыве выделяется мало газообразных продуктов и большое количество твердых частиц (сажа). Тротил токсичен, особенно в тонко измельченном состоянии, вызывает раздражение кожи и болезнь глаз, а также тротиловую интоксикацию организма. Предельно допустимая концентрация пыли тротила в воздухе составляет 1 мг/м<sup>3</sup>.

*Гранулотол* (гранулированный тротил) с размером гранул 3–5 мм применяется как самостоятельное ВВ для взрывания обводненных скважин, так и в качестве компонента в составе граммонитов и водосодержащих ВВ. Он абсолютно водоустойчив, хорошо тонет в воде, имеет хорошую сыпучесть в сухом и мокром состоянии. При хранении не слеживается и не спекается, обладает высокой стабильностью взрывчатых свойств. Его заряды могут длительное время находиться в воде. Ему необходим мощный промежуточный детонатор.

Гранулотол рекомендуется применять в водонаполненном состоянии, т. к. вода, заполняя промежутки между гранулами, увеличивает плотность заряжения до 1,30–1,35 г/см<sup>3</sup>, за счет чего повышается скорость детонации и улучшается эффект взрыва.

*Гексоген* (циклотриметилентринитрамин) C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>N<sub>6</sub>O<sub>6</sub> – продукт нитрации уротропина азотной кислотой, представляет собой белый кристаллический порошок с плотностью 1,8 г/см<sup>3</sup>. Температура плавления 203 °С, не растворим в воде, ядовит, имеет высокую химическую стойкость. Ввиду высокой чувствительности ВВ к механическим воздействиям его применяют только во флегматизированном виде, что достигается покрытием его кристаллов 5 % воска или парафина.

Это одно из наиболее мощных ВВ, скорость детонации 8,4 км/с. Его используют для производства некоторых ДШ, шашек, в качестве вторичного инициирующего ВВ в ЭД и КД, а также в качестве сенсibilизатора при производстве скальных аммонитов.

### **3.4. Добавки к аммиачно-селитренным ВВ**

Кроме перечисленных основных взрывчатых компонентов, в состав аммиачно-селитренных ВВ входят невзрывчатые органические горючие добавки, богатые водородом и углеродом (нефтепродукты и угольный порошок). Твердые добавки входят в состав ВВ в тонкоизмельченном виде (угольный порошок, древесная мука, мука хлопкового жмыха и др.).

В качестве металлической горючей добавки широко применяется алюминий, реже кремний, силикокальций, ферросилиций.

В состав водоустойчивых ВВ входят гидрофобные добавки: парафин, асфальтит, стеарат кальция и др.

Для загущения растворов АС в водосодержащих ВВ применяют натриевую соль карбоксилметилцеллюлозы (НКЦ), полиакриламид, реже гуаргам.

***Рекомендуемая литература по разделу [3, 7, 11, 14, 17]***

#### ***Контрольные вопросы***

1. Какие ВВ относятся к индивидуальным?
2. Что представляют собой многокомпонентные ВВ?
3. Что входит в состав смесевых ВВ?
4. Как классифицируются ВВ по скорости детонации?
5. Какие классы промышленных ВВ по условиям применения предназначены для использования на дневной поверхности?
6. Основные компоненты промышленных ВВ.
7. Для чего в состав ВВ вводят различные добавки?
8. Что входит в состав аммиачно-селитренных ВВ?
9. Что представляет собой аммиачная-селитра?
10. Что представляет собой тротил?
11. Что представляет собой гексоген?
12. Что представляет собой натриевая  $\text{NaNO}_3$ , калиевая  $\text{KNO}_3$  и кальциевая  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  селитры?

## 4. Технология и безопасность изготовления взрывчатых веществ

### 4.1. Гранулированные взрывчатые вещества

Гранулированные ВВ могут поставляться на горные предприятия как в готовом виде с заводов по производству ВМ в мешках или мягких контейнерах (рис. 4.1), так и изготавливаться из компонентов на стационарных пунктах, а также на мобильных пунктах приготовления ВВ, выполненных на базе автомашин.

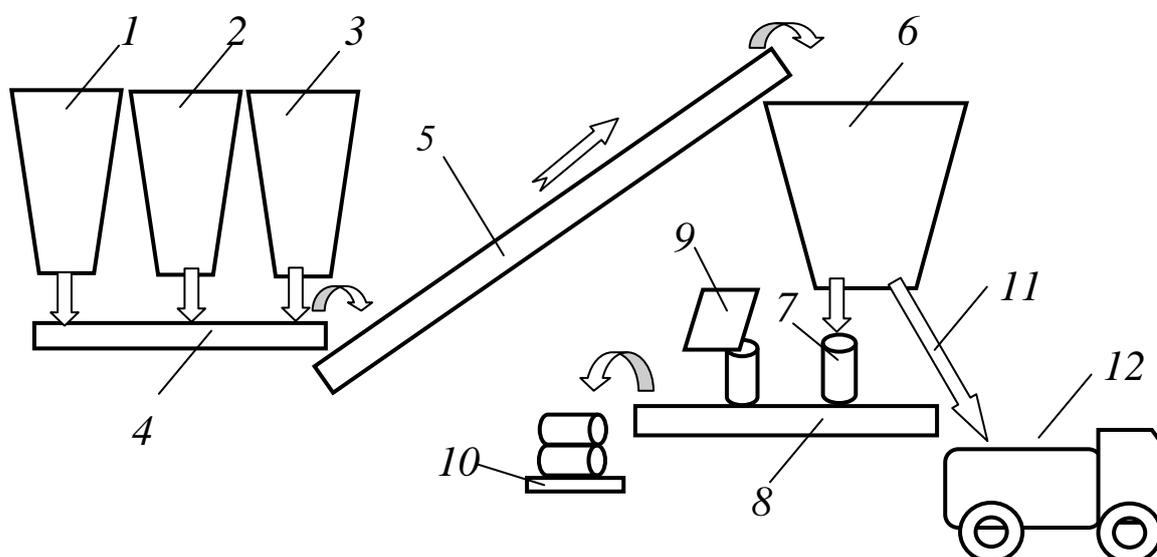


Рис. 4.1. Схема производства гранулированного ВВ:

1 – бункер для аммиачной селитры; 2 – бункер для твердой горючей добавки; 3 – емкость для жидкой горючей добавки; 4 – шнековый транспортер; 5 – шнековый смеситель; 6 – бункер-накопитель готового ВВ с дозатором; 7 – мешок для ВВ; 8 – подающий конвейер; 9 – прошивочная машина; 10 – поддон с мешками готового ВВ; 11 – загрузочный лоток; 12 – зарядная машина

Если по схеме (рис. 4.1) готовят граммониты и аммониты, тогда емкость 3 не задействована.

*Граммониты* – аммиачно-селитренные ВВ 1 класса. Гранулированная смесь аммиачной селитры с тротилом. Выпускают граммонит 82/18, граммонит 79/21, граммонит 50/50, граммонит 30/70 (в числителе – процентное содержание в смеси селитры, а в знаменателе – тротила).

При получении граммонитов (см. рис. 4.1) в емкость 1 засыпают аммиачную селитру, а в емкость 2 – тротил. При движении компонентов по транспортерам 4, 5 компоненты перемешиваются, в бункере 6 скапливается готовое ВВ, которое фасуют в мешки 7, укладывают на поддоны 10 и отправляют потребителю.

*Граммонит 82/18* и *граммонит 79/21* применяется для взрывания сухих и ограниченно-обводненных (с непроточной водой) скважин в породах крепостью до 14 по шкале М. М. Протодьяконова, а *граммонит 50/50* и *граммонит 30/70* – обводненных скважин. Требуют промежуточного детонатора. Сильно электризуются. Нужно применять меры защиты от статического электричества. Недостатки *граммонитов*: сильное пыление при ручном зарядании.

*Аммонит 6ЖВ* представляет собой порошкообразное промышленное ВВ желтого цвета. Взрывчатое вещество 2 класса. При тщательном изготовлении и хорошей упаковке мало слеживается, содержит 79 % селитры и 21 % тротила. Выпускается в патронированном виде и в бумажных крафт-целлюлозных мешках. Аммонит 6ЖВ не пригоден для механизированного зарядания. Предназначается для взрывания пород средней и выше средней крепости. Используется как для зарядания скважин и шпуров, так и в качестве промежуточных детонаторов для инициирования зарядов ВВ.

Патронированный аммонит 6ЖВ выпускается в виде патронов диаметром 60 и 90 мм в полиэтиленовой оболочке и диаметром 32 и 36 мм в бумажной оболочке с влагоизолирующей пропиткой. Инициирование аммонита 6ЖВ производится от детонирующего шнура, ЭД, КД или минидетонатора системы неэлектрического инициирования. Гарантийный срок хранения патронов аммонита составляет 12 месяцев.

При приготовлении *гранулита АС-8*, *гранулита АС-4* и *гранулита-М* (табл. 4.1) в емкость 1 засыпают аммиачную селитру, а в емкость 2 – алюминиевую пудру (см. рис. 4.1). В этом случае задействована емкость 3, в которую заливают соляровое или индустриальное масло. При движении компонентов по транспортерам 4, 5 в бункере 6 скапливается готовое ВВ, которое фасуют в мешки 7, укладывают на поддоны 10 и отправляют потребителю.

При изготовлении гранулитов и их механизированном зарядании необходимо применять меры защиты от статического электричества. Гранулиты являются взрыво- и пожароопасными вещества-

ми. Загоревшиеся гранулиты следует тушить водой. Они токсичны. Поэтому при работе с ними необходимо применять средства индивидуальной защиты. Гарантийный срок хранения гранулитов 12 месяцев со дня изготовления.

Таблица 4.1

**Массовая доля компонентов в гранулитах**

Наименование компонента	Норма, %		
	Гранулит АС-8	Гранулит АС-4	Гранулит-М
1. Селитра аммиачная марки А, Б или ЖВГ	89,0±1,5	91,8±1,5	–
2. Селитра аммиачная пористая	–	–	94,5±1,0
3. Пудра алюминиевая	8,0±0,8	4,0±0,5	–
4. Масло соляровое	–	–	5,5±0,5
5. Масло промышленное	3,0±0,5	4,2±0,5	–

Гранулит АС-8, гранулит АС-4 и гранулит-М предназначены для взрывных работ с ручным и механизированным заряданием шпуров, скважин и камер в сухих забоях карьеров, рудников и шахт, не опасных по газу и пыли.

Необходимость повышения безопасности обращения с ВВ и снижения их стоимости требует увеличения доли применяемых на ОГР простейших ВВ (ПВВ), которые изготавливаются в непосредственной близости от их потребления на стационарных пунктах. Для ПВВ характерны сравнительно низкая чувствительность к механическим воздействиям и восприятию импульса от КД и ДШ. Давление детонации у ПВВ в идеальном режиме примерно в 1,6 раза ниже, чем у аммонитов, а импульс взрыва более растянут. Вместе с тем они «мягче», чем аммониты, нагружают породы при взрыве, поскольку имеют большую ширину зоны химической реакции. При пневмозарядании плотность заряда ПВВ в скважине может превышать 1000 кг/м<sup>3</sup>.

**Стационарные пункты** предназначены для приготовления гранулированных ВВ и конструктивно выполнены на основе заводских технологических схем, но отличаются производительностью и способами смешивания компонентов. Компоненты на стационарные пункты поставляют отдельно. Стационарные пункты приготавли-

ления гранулированных ВВ конструктивно можно подразделить по способу смешивания компонентов на шнековые, гравитационные и барабанные.

Схема стационарного пункта приготовления простейших гранулированных ВВ, в которых смешивание компонентов осуществляется шнеками, аналогична схеме, представленной на рис. 4.1. На стационарных пунктах приготовления простейших гранулированных ВВ методом гравитации вместо шнекового смесителя 5 установлен транспортер, который подает компоненты в вертикальные колонны увеличенной длины, в которых смешивание компонентов осуществляется при падении потока частиц в накопительный бункер 6.

*Барабанные смесители* для приготовления простейших гранулированных ВВ работают по принципу бетономешалки (рис. 4.2).

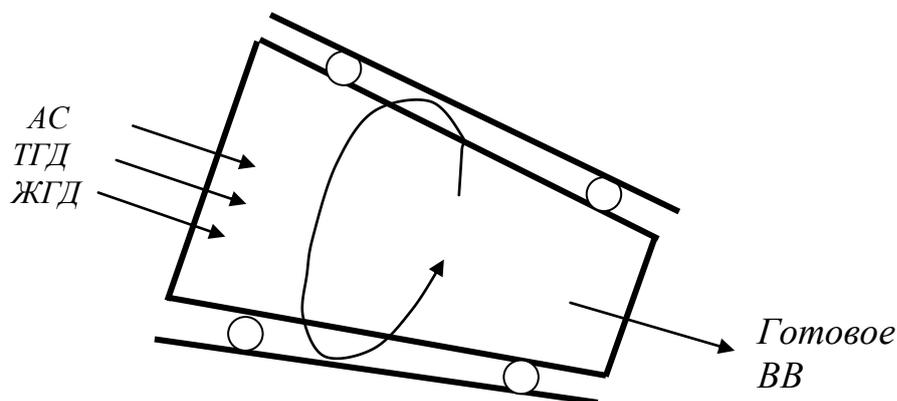


Рис. 4.2. Схема барабанного смесителя

Барабанный смеситель устанавливают (см. рис. 4.1) вместо шнекового смесителя 5 и бункера 6. В загрузочный люк смесительного барабана по транспортеру 4 засыпают компоненты в заданном соотношении, в т. ч. АС – аммиачную селитру; ЖГД – жидкую горючую добавку и ТГД – твердую горючую добавку. На выход из барабана поступает готовое ВВ, которое загружают в зарядную машину 12.

Технология изготовления углесодержащих гранулитов УП и гранулитов Д-5 на стационарных пунктах угледобывающих предприятий Кузбасса применяется с 1996 года. В этот период простроено пять стационарных пунктов приготовления простейших гранулированных ВВ с объемом производства до 80 тыс. тонн в год, которые обеспечивали в полном объеме потребность 16 угольных разрезов

Кузбасса простейшими взрывчатыми веществами для ведения взрывных работ. Это позволило полностью отказаться от применения дорогостоящих тротилсодержащих граммонитов 82/18 и 79/21 при производстве массовых взрывов на угольных разрезах по сухим и осушенным породам. Производство гранулитов УП и Д-5 организовано и в других угледобывающих регионах России: в Республике Саха (Якутия, г. Нерюнгри), в Республике Хакасия (г. Черногорск), в Приморском крае (пос. Липовцы) и в Хабаровском крае (ФГУП ДВПО «Восход» в пос. Эльбан).

**Передвижные пункты** приготовления ПВВ представлены смесительно-зарядными машинами, которые непосредственно на стационарном пункте загружаются компонентами. Технологический процесс производства гранулитов в смесительно-зарядных машинах заключается в приемке, подготовке и загрузке сырья в машину, транспортировке к месту заряжания, дозировании и смешивании компонентов в заданных пропорциях. Эти операции происходят в процессе заряжания скважины. Подача компонентов из бункеров машины в дозатор осуществляется шнеками или пневмомембранами.

Для механизированного заряжания гранулированных ВВ используются машины МЗ-ЗБ-12, МЗ-ЗБ-16, МЗП-8, МЗ-4А производства Карпинского машиностроительного завода, МЗ-ЗБ-15Э производства ОАО «НИПИГормаш» и ряд других.

Новинка модельного ряда МЗ-ЗБ изготовлена на новой базе КрАЗ-С18.1 с манипулятором от PALFINGER (рис. 4.3).

МЗ-ЗБ предназначена для транспортирования взрывчатых веществ или их компонентов и заряжания скважин на открытых горных работах всеми видами гранулированных ВВ заводского производства, разрешенных для механизированного заряжания скважин, а также приготовленными в процессе заряжания игданитом или гранулитом Э. Для этого на машине предусмотрены две системы с индивидуальным приводом и управлением каждой – это система подачи дизельного топлива для приготовления игданита и система подачи эмульсии. Для лучшего заполнения насоса подачи эмульсии машина оборудована системой наддува, которая работает от пневмосистемы автомобиля и обеспечивает избыточное давление в баках до 0,05 МПа.

Приготовление гранулита Э в процессе заряжания значительно расширяет область применения машины и снижает стоимость взрывных работ.

Машина МЗ-3Б-15Э специально разработана для заряжания скважин гранулитом Э.



Рис. 4.3. Зарядная машина МЗ-3Б

### **Техническая характеристика МЗ-3Б**

Диаметр заряжаемых скважин, мм	130 и более
Грузоподъемность, т	12
Техническая производительность, кг/мин	до 600
- при заряжании гранулитом Э, кг/мин	до 300
Габаритные размеры, мм	
- длина	8500
- ширина	2500
- высота	4000
Вместимость баков для эмульсии или дизтоплива, л	2×600
Содержание эмульсии в общей массе ВВ, %	15±4

Смесительно-зарядные машины для приготовления гранулированных ВВ и заряжания их в скважины изготавливаются в завод-

ских условиях и должны отвечать требованиям, предъявляемым к машинам и механизмам, применяемым на ВР. При шнековой подаче ВВ технологический процесс должен быть отлажен так, чтобы ВВ не напрессовывалось на трущихся частях. При пневмоподаче ВВ необходимо предотвращать процесс образования пыли от компонентов ВВ. Машины и трубопроводы должны иметь надежное заземление. Загрузка ВВ в смесительно-зарядные машины должна производиться только после подсоединения к ней заземляющего проводника сечением не менее 6 мм<sup>2</sup>, а его сопротивление должно быть не более 100 Ом.

На стационарных и передвижных пунктах готовят гранулированные ВВ. Основные характеристики гранулированных и порошкообразных ВВ представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Характеристики гранулированных и порошкообразных ВВ**

Наименование ВВ	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг	Плотность ВВ, кг/м <sup>3</sup>	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с
Аммонит 6ЖВ	-0,53	4316	895	1000	10–13	3,6–4,8
Гранулит УП	-2,0	3500	960	956	100	3,6–4,2
Гранулит ПС	0–2,0	3770	980	700–900	90	4,0–4,5
Гранулит РД	+0,13	3850	980	956	90	3,6–3,8
Гранулит-игданит	0–1,8	3750	985	850	120–160	2,2–2,7
Граммонит ТК-5	+1,2	3810	920	1000	60	2,7–3,0
Граммонит ТК-10	-3,7	4009	937	1000	60	2,9–3,2
Граммонит ТК-15	-5,3	4051	925	1000	60	3,0–3,2
Граммонит ТКЗ-5	+0,4	3810	920	1000	60	2,7–3,0
Граммонит ТКЗ-10	-2,1	4009	936	1000	60	2,9–3,2
Граммонит ТКЗ-15	-7,5	4051	925	1000	60	3,0–3,2

*Гранулит-игданит* – смесь гранулированной аммиачной селитры (94 %) и дизельного топлива (не более 6 %). Заряды игданита инициируют промежуточным детонатором. Достоинства игданита состоят в дешевизне, простоте изготовления, безопасности. К недо-

статкам игданита относят невысокие энергетические параметры, и поэтому его применяют только в сухих породах и преимущественно не выше средней крепости.

*Гранулит УП* – взрывчатое вещество 1 класса, представляет собой механическую смесь из 93 % гранулированной аммиачной селитры, 3,5 % угольного порошка и 3,5 % дизельного топлива. Предназначен для взрывания пород средней крепости с коэффициентом до 14 по М. М. Протодьяконову. Для инициирования заряда необходима тротиловая шашка весом 750 г или патроны аммонита 6ЖВ массой не менее 500 г. Для заряжания скважин вручную гранулит УП упаковывается в мешки по 40 кг. При механизированной зарядке скважин зарядными машинами гранулит УП изготавливают на стационарных пунктах. Время нахождения зарядов в скважине не более 15 суток.

*Гранулит ПС* – гранулированное промышленное ВВ 2 класса, представляет собой механическую смесь из 94 % аммиачной селитры, часть которой (от 30 %) заменена пористой аммиачной селитрой, и 6 % горючей добавки (дизельного топлива или минерального масла). Заряжание шпуров и скважин гранулитом ПС может осуществляться как ручным, так и механизированным способом. Изготовление гранулита ПС осуществляется на стационарных пунктах или на местах применения в смесительно-зарядных машинах. Гранулит ПС предназначен для производства взрывных работ на земной поверхности при отбойке сухих пород с коэффициентом крепости до 18 по шкале М. М. Протодьяконова методом шпуровых и скважинных зарядов.

*Гранулит РД* представляет собой механическую смесь гранулированной и порошкообразной селитры с нефтепродуктом. Это промышленное взрывчатое вещество 1 класса, изготавливаемое на местах применения, предназначенное для ведения взрывных работ в горнодобывающей промышленности при механизированном заряжании сухих и осушенных скважин диаметром от 105 мм на земной поверхности.

*Граммониты ТК, ТКЗ* представляют собой механическую смесь гранулированной аммиачной селитры (91–81 %) с добавкой тротила (5–15 %), угольного порошка (0,7–2,0 %), индустриального масла (3,3–1,5 %) и загущающей добавки типа густамил (0,7–2 %). В зависимости от процентного содержания тротила различают:

граммонит ТК (ТК-5, ТК-10 и ТК-15) и граммонит ТКЗ (ТКЗ-5, ТКЗ-10 и ТКЗ-15). Граммониты ТК, ТКЗ предназначены для ручного и механизированного заряжания сухих и осушенных скважин, взрывания пород средней крепости и крепких с коэффициентом более 10 по классификации М. М. Протодьяконова.

*Гранулит Э* представляет собой механическую смесь аммиачной селитры (АС) с водомасляной эмульсией (ВМЭ) в соотношениях: 15 % ВМЭ и 85 % АС; 30 % ВМЭ и 70 % АС; 36 % ВМЭ и 64 % АС; 50 % ВМЭ и 50 % АС.

#### **4.2. Водосодержащие взрывчатые вещества**

*Водосодержащие ВВ (ВВВ)* эффективнее ПВВ в связи с более высокими плотностью и объемной концентрацией энергии в зарядных полостях, а также возможностью их использования в обводненных породах. Однако изготовление их более трудоемко, чем ПВВ, что связано с большим числом составляющих компонентов и необходимостью соблюдения более сложных регламентов технологических процессов изготовления. Все водосодержащие ВВ многокомпонентные, основными из которых являются окислитель и горючее. Количество окислителя 40–70 %, горючего 10–30 %. Кроме этих компонентов в составе ВВВ должна быть вода для растворения окислителя и обеспечения текучести заряда, а также сенсибилизатор и небольшое количество загустителей со структурирующими добавками для превращения жидкого раствора селитры в вязкую, но подвижную массу, не вытекающую по трещинам из скважины в массив. Водный раствор с помощью загустителя превращается в гель и становится водоустойчивым. Заполнение скважин происходит с использованием зарядных машин. Водосодержащие ВВ имеют различную консистенцию.

*Суспензионные ВВ типа «твердое в жидком».* К суспензионным ВВВ относятся: ифзаниты марок Т-20, Т-60, Т-80 (табл. 4.3) и горячельющиеся ВВ марок ГЛТ-20, ГЛА-20 (табл. 4.4), имеющие общее название акватолы, а также карбатолы марок ГЛ-10В, ГЛ-15Т (табл. 4.5). В зарубежных странах аналогичные гелеобразные водоустойчивые водосодержащие ВВ выпускаются под общим названием – сларри.

*Ифзанит* – малоподвижная суспензия. Ифзаниты имеют наименования: Т-20, Т-60, Т-80 (цифры 20, 40, 80 обозначают температуру готового ифзанита). Эти ВВ изготавливаются у заряжаемой скважины путем подачи раствора АС в объеме, обеспечивающем заполнение межгранульного пространства сухой смеси гранулированного тротила и АС, загущенной КМЦ со структурирующими сшивками. Смесь гранулотол и АС подается в соотношении 1 : 2, а раствор и твердая смесь подаются в скважину в соотношении 1 : 1,5 (40 кг раствора на 60 кг твердой смеси).

Таблица 4.3

***Ифзаниты***

Компоненты и показатели	Значения показателей для марки		
	Т-20	Т-60	Т-80
Аммиачная селитра гранулированная, %	40	40	40
Тротил, %	20	20	20
Раствор АС, %	40	40	40
Температура раствора, °С	20	60	80
Кислородный баланс, %	-1,6	-0,4	0,0
Скорость детонации, км/с	4,5–5,0	4,5–5,0	4,5–5,0
Теплота взрыва, кДж/кг	3300	3800	3900

Технология изготовления водосодержащих акватолов состоит в том, что на стационарном пункте готовится горячий насыщенный раствор ( $t = 80–100$  °С) аммиачной селитры с добавкой 15 % воды и загустителя, которая транспортируется к взрываемому блоку в цистерне транспортно-смесительно-зарядной машины МЗВ-10 («Акватол-IV»). На машине имеется смеситель-дозатор, в который по шлангу подаются гранулотол и раствор АС. Готовая суспензия насосом по шлангу подается в скважину (рис. 4.4). Через 20–30 минут смесь густеет. Ифзаниты предназначены для взрывания сухих и обводненных крепких и очень крепких пород. Разработана технология зарядки ифзанитами обводненных скважин под столб воды.

*Горячельющиеся водосодержащие ВВ.* Эти ВВ готовят на заряжаемом блоке в машинах типа «Акватол». Машина обеспечивает приготовление ВВ непосредственно в бункере-смесителе, а также приготовление горячего раствора концентрированной АС «острым паром», что исключает сооружение на месте работ стационарного

пункта. Вначале вся селитра переводится в горячий (90 °С) высококонцентрированный раствор с плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>.

В другой зарядной машине подвозится гранулотол, который пневмодозатором подают в смесительную установку «Акватол», и готовую горячую смесь заливают в скважину в виде хорошо льющейся жидкой суспензии. При снижении температуры в скважине до 25 °С происходит полная кристаллизация АС и смесь твердеет. Для повышения энергетических характеристик горячельющихся ВВ в них вместо гранулолола используют алюмотол.

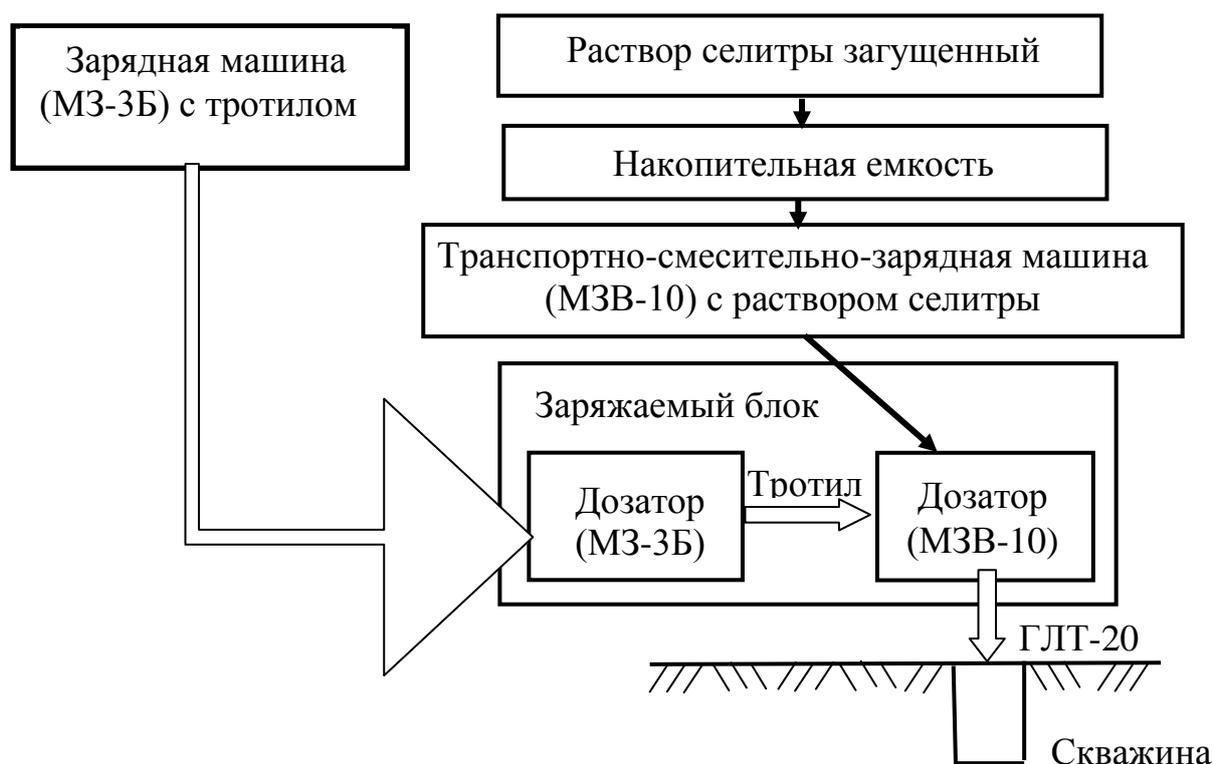


Рис. 4.4. Схема приготовления акватола

Водосодержащие акватолы применяются для взрывания только на открытых горных работах, так как они выделяют большое количество ядовитых газов из-за отрицательного кислородного баланса. Процентное соотношение аммиачной селитры и тротила в ГЛТ и ифзанитах одинаковое.

Текущность и водоустойчивость акватола зависит от количества и качества загустителя. Поэтому целесообразно воду заменить другими веществами. Наиболее эффективным для этого является карбамид. ВВ, которые изготавливают по этому принципу, называются карбатололами.

Таблица 4.4

**Горячельющиеся водосодержащие ВВ**

Компоненты и показатели	Значения показателей для марки		
	ГЛТ-20	ГЛТ-20М	ГЛТ-20ГК
Аммиачная селитра гранулированная, %	69,3±3,0	65,3±3,0	71,0±3,0
Тротил, %	20,0±3,0	20,0±3,0	20,0±3,0
Карбамид, %	–	4,0±1,0	–
Кремневый гель, %	–	–	9,0±1,0
КМЦ или полиакриламид, %	3,0±1,0	4,0±1,0	–
Скорость детонации, км/с	4,9–5,0	4,9–5,0	4,9–5,1
Теплота взрыва, кДж/кг	3678	3670	4058

*Карбатол* – горячельющийся суспензионный состав, текущий при температуре выше 50 °С, который затвердевает после охлаждения в скважине.

Таблица 4.5

**Карбатылы**

Компоненты и показатели	Значения показателей для марки	
	ГЛ-ЮВ	15Т
Аммиачная селитра гранулированная, %	57,0±3,0	67,0±3,0
Тротил, %	10,0±2,0	15,0±2,0
Карбамид, %	13,0±2,0	13,0±2,0
Порошок алюминиевый, %	15,0±2,0	–
КМЦ, %	0,8±1,5	0,8±1,5
Вода, %	4,0±1,0	4,0±1,0
Скорость детонации, км/с	4,5–5,0	4,5–4,8
Теплота взрыва, кДж/кг	5684	3427

Карбатылы готовят из расплавленной, практически безводной легко плавящейся смеси компонентов  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и карбамида  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , предназначенного в качестве горючей добавки, с добавлением 10–15 % тротила. Загуститель вводится в состав ВВ для повышения его водостойчивости. Технология производства карбатыла аналогична производству ВВ типа ГЛА и выполняется на тех же смесительно-зарядных машинах. Плотность расплава практически одинакова с плотностью гранулотола, благодаря чему гранулотол не тонет в заряде. Затвердевший карбатол может находиться

в скважинах с проточной водой без потери детонационной способности до 20 суток. Карбатылы на 20–25 % эффективнее гранулотола и алюмотола при взрывании крепких обводненных пород.

В Кузбассе суспензионные ВВ не нашли применения ввиду того, что их характеристики и рекомендации по применению не соответствуют горнотехническим условиям угольных разрезов, а технология их изготовления довольно сложная.

**Эмульсионные ВВ (ЭВВ) типа «вода в масле».** ЭВВ состоят из водного раствора неорганического окислителя и жидкого горючего с эмульгатором в соотношении приблизительно 10 : 1. Эмульгаторы являются одним из важнейших компонентов эмульсионных ВВ. Эмульсионные ВВ готовятся на стационарных пунктах. В процессе смешивания компонентов в диспергаторе образуется эмульсия в виде мельчайших капелек (несколько микрон) раствора селитр, окруженных пленкой мазута.

Готовая эмульсия по внешнему виду напоминает сметанообразную или солидолоподобную массу от светлого до темно-коричневого цвета. Эмульсия считается невзрывчатой. Такой эмульсией снаряжаются зарядные машины типа «Порэмит-IV», МЗП-8, МЗП-20. Активизация эмульсии, т. е. превращение в ВВ, происходит в смесителе машины в процессе ее подачи в зарядный шланг, опущенный в скважину.

Вначале в смеситель подается газогенерирующая добавка (ГГД), состоящая из раствора нитрита натрия в масле, которая при контакте с раствором селитр образует газовые пузырьки, играющие роль «горячих» точек при детонации заряда. Газогенерация заканчивается приблизительно через 40–50 минут после подачи ГГД в эмульсию, т. е. в скважине.

Для повышения энергии взрыва в состав ЭВВ добавляют твердое горючее: серу, алюминиевый порошок. Энергия взрыва эмульгированной смеси АС+ДТ на 42 % выше, чем у обычной смеси.

Стоимость ЭВВ выше, чем у гранулированных ВВ, примерно на 15–20 %. Технология приготовления ЭВВ в зависимости от рецептуры может несколько отличаться от общей блок-схемы (рис. 4.5).

Эти отличия учитываются при выборе смесительно-зарядных машин, предназначенных для соответствующих типов ЭВВ. Для приготовления и заряжания порэмита в скважины применяются

отечественные транспортно-смесительно-зарядные машины МЗВ-8, МЗВ-10 конструкции НИПИГормаш, СЗМ-10, СЗМ-10Г конструкции КНИИМ и ряд других.

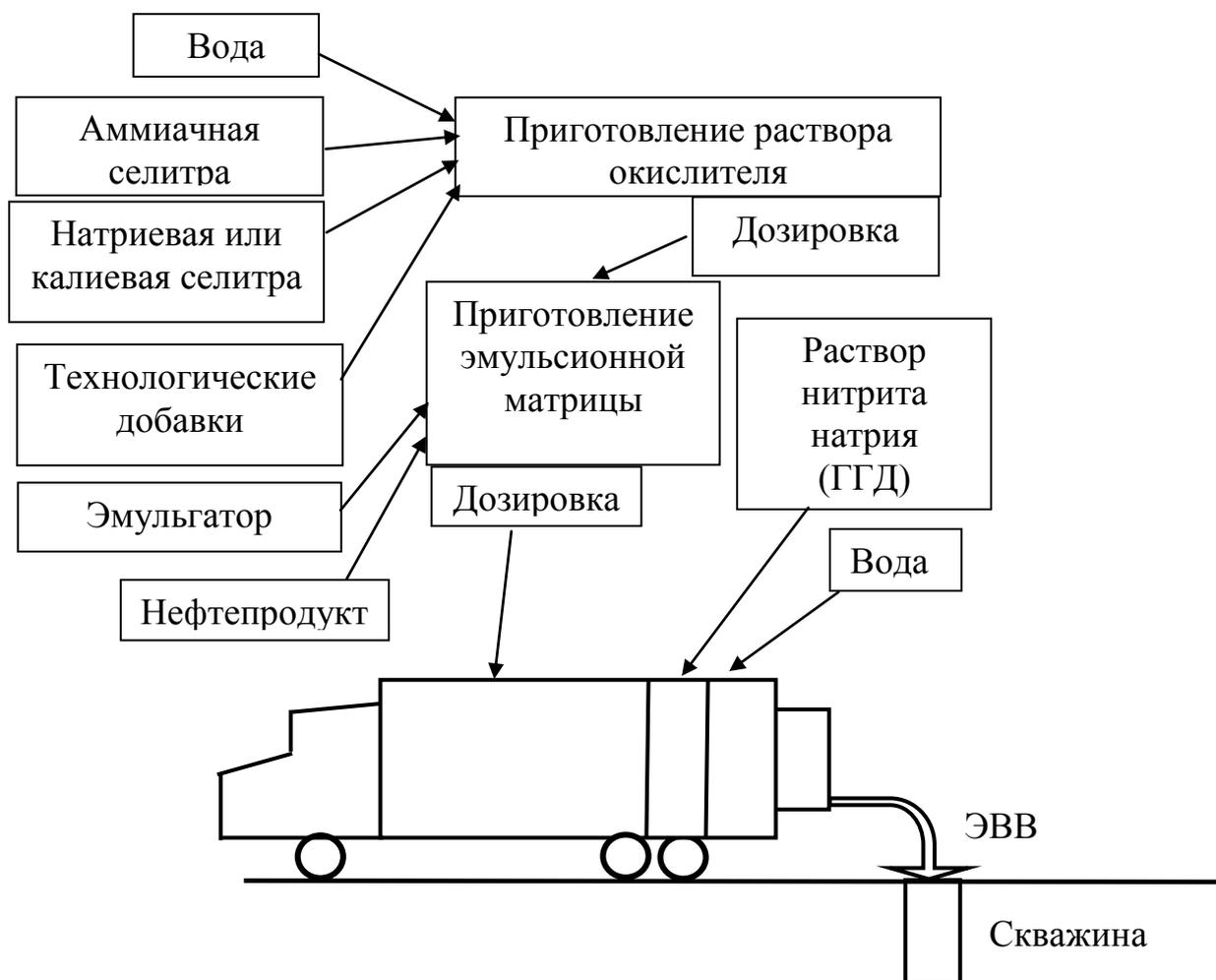


Рис. 4.5. Блок-схема приготовления эмульсионных ВВ

*Порэмит* – эмульсионное ВВ, состоящее из горячего раствора аммиачной и натриевой селитр, мазута и эмульгатора с температурой 80 °С. Приготавливается на стационарных пунктах. Плотность порэмита после затвердевания 1,25–1,3 г/см<sup>3</sup>, скорость детонации составляет 3,5–4 км/с.

По существу порэмит является жидким эмульсионным игдани-том. Применяется в породах любой обводненности с прочностью на одноосное сжатие  $\sigma_{сж}$  до 120 МПа. За рубежом выпускают сходные с порэмитом по составу ЭВВ (табл. 4.6).

Таблица 4.6

**Эмульсионные ВВ**

Компоненты	Марка ЭВВ			
	Порэмиты (Россия)	Эмульсии (Испания)	Эмулиты (Швеция)	Ирэгель (США)
Аммиачная селитра, %	59–62	28–59	62	62–77
Натриевая селитра, %	16	9,6–11,5	16	12–5
Калиевая селитра, %	(15–16)	4,9–3,9	–	–
Вода, %	15	8,9–11,9	15	16–9
Масло, %	5	6,2	5,8	6–7
Эмульгатор, %	2	1,3–2,3	1,1	1,0
Порошок алюминиевый, %	0–4	до 4,9	до 4,5	–
Сенсибилизатор, %	0,5–1,5	2–3	2,5	3–1
Плотность заряда, г/см <sup>3</sup>	1,2–1,3	1,0–1,3	1,2–1,3	1,8–1,2

*Сибирит 1000 и сибирит 1200* – эмульсионное ВВ 1 класса по технологии изготовления и своему составу близкое к порэмитам (табл. 4.7).

В Кузбассе эмульсионная матрица сибирита 1000 и 1200 производится на стационарных пунктах ОАО «Нитро-Сибирь», размещенных в г. Белово (разрез Бачатский) и в г. Междуреченске.

Таблица 4.7

**Сибириты**

Наименование компонентов	Норма, %	
	1000	1200
1. Эмульсия сибирита, %, в т. ч.:	100	100
селитра аммиачная	62,5	78,5
селитра натриевая или кальциевая	16	–
вода	15,5	15,5
масло промышленное	5,5	5,5
эмульгатор	0,5	0,5
2. Нитрит натрия (сверх 100 %)	0,04–0,10	0,04–0,10

Изготавливается сибирит 1000 и 1200 в смесительно-зарядных машинах «Дино Нобель», СМЗ-8, МЗВ-20, МЗС-16, МСЗ-20 (рис. 4.6) и др. в процессе зарядки скважин путем смешивания эмульсионной матрицы с ГГД. Используется для взрывания пород любой степени обводненности. Гарантийный срок нахождения заряда в скважине до 10 суток.

*a*



*б*



*Рис. 4.6. Смесительно-зарядные машины:  
а – МЗС-16; б – МЗС-20*

*Сибирит-2500РЗ* предназначен для производства взрывных работ при механизированном зарядании сухих скважин диаметром не менее 150 мм. Заряд сибирита-2500 РЗ представляет собой систему «цилиндр в цилиндре» в соотношении 25/75 сибирита 1200 и гранулита УП (или гранулита НП). Сердцевина столба заряда

формируется из сибирита 1200, поступающего по шлангу из одного бункера смесительно-зарядной машины (СЗМ), а из другого бункера СЗМ шнеком подается гранулит УП, который заполняет пространство между сибиритом 1200 и стенкой скважины, формируя коаксиальную конструкцию заряда.

*Эмульсолит марки А-20* – это эмульсионное промышленное ВВ 1 класса, изготавливаемое на основе водоустойчивой эмульсии или на основе ее смеси с гранулированной аммиачной селитрой, сенсibiliзировавшее газогенерирующей добавкой (ГТД).

Компоненты эмульсолита А-20 транспортируются на подготовливаемый к взрыву блок смесительно-зарядными машинами (СЗМ). Гарантийное время пребывания компонентов в СЗМ составляет 1 сутки. Гарантийное время пребывания эмульсолита А-20 в заряжаемых скважинах, в том числе в проточной воде, до 10 суток.

Для заряжания эмульсионных взрывчатых веществ применяются смесительно-зарядные машины (табл. 4.8).

Таблица 4.8

**Технические характеристики некоторых смесительно-зарядных машин для эмульсионных ВВ**

Показатели	Марка машины			
	МСЗ-15	МСЗ-15СМ	МСЗ-16	МСЗ-20
Грузоподъемность, т	15	15	16	20
Производительность, кг/ч	450	250	270	270
Наименование изготавливаемого взрывчатого вещества	сибирит-2500РЗ;	сибирит СМ-5000	сибирит 1000, сибирит 1200	сибирит 1000, сибирит 1200
Параметры скважин: глубина, м	< 40	< 40	< 60	< 60
диаметр, мм	> 150	> 100	> 70	> 100

*Сибирит-1200П* промышленное эмульсионное ВВ 1 класса в патронированном виде, которое изготавливается в условиях стационарного производства и предназначено для применения на открытых горных работах во всех горно-геологических условиях в качестве скважинных зарядов при любой степени обводненности

скважин. Диаметр патронов составляет от 90 до 120 мм. Оболочка патронов полимерная. Гарантийный срок нахождения заряда в скважине составляет до 10 суток. Для инициирования заряда из сибирита-1200П от ДШ необходимо использовать промежуточные детонаторы из шашек: Т-400Г, ТГП-600, ТГФ-850, ПНП А6ЖВ. Если используется СИНВ-С, Искра-С или Эдилин (ДБИ-1), то микрокапсюль УВТ вводят непосредственно в патрон сибирита-1200П.

*Эмульсолит П* – патронированное эмульсионное ВВ 2 класса, предназначенное для взрывных работ в качестве основного заряда при ручном заряжении сухих и обводненных скважин на земной поверхности по породам любой крепости, углю и сульфидным рудам. Эмульсолит П выпускают в виде патронов диаметром 90 и 120 мм в полиэтиленовой оболочке. Вес патрона 4 кг для диаметра 90 мм и 6,5 кг для диаметра 120 мм.

*Эмигран П* – патронированное эмульсионное промышленное взрывчатое вещество 1 класса, предназначенное для ведения взрывных работ на земной поверхности скважинными зарядами по породам любой крепости, при ручном заряжении сухих, осушенных и обводненных скважин любой степени проточности диаметром не менее 100 мм. Эмигран П содержит 25 % аммиачной селитры в виде частиц (остальное – матричная эмульсия и дизельное топливо). Патроны изготавливают в полимерной оболочке номинальным диаметром 90, 120, 160 и 180 мм. Гарантийный срок хранения эмигран П составляет 12 месяцев с даты изготовления.

*ДЭМ (детонатор эмульсионный)* – патронированное эмульсионное ВВ специального класса. Изготавливается в виде патронов диаметром 55 мм. Масса патрона 1 кг. Предназначено для взрывания крепких и средней крепости пород любой обводненности при ручном заряжении на земной поверхности, а также в качестве промежуточных детонаторов. Инициирование производится от детонирующего шнура, электродетонатора или КД системы неэлектрического инициирования.

### ***4.3. Требования к обустройству стационарных пунктов приготовления ВВ***

Размещение стационарных пунктов (СП) производится на изолированных площадках, либо определяются условия их расположе-

ния на территориях складов ВМ, но на безопасном расстоянии, рассчитанном по условию непередачи детонации, от хранилищ ВВ и средств инициирования.

На территории СП приготовления ВВ располагают здания и сооружения, предназначенные для переработки компонентов или изготовления ВВ, а также вспомогательные объекты, перечень которых приведен в «Правилах ...» [11]. Территория СП по внешнему периметру должна охраняться. Если СП расположен на территории склада ВМ, то дополнительной охраны не требуется.

Энергоисточники, обслуживающие СП, необходимо располагать на безопасном расстоянии от СП, рассчитанном по ударной воздушной волне. Зарядную станцию для аккумуляторных погрузчиков, а также площадку для стоянки зарядных машин предусмотрено располагать за территорией СП на расстоянии не ближе 50 м. Производственные здания и хранилища должны отстоять от ограды внешнего периметра СП на расстоянии не менее 40 м.

Здания, в которых в процессе работ происходит выделение паров, пыли ВВ или их компонентов, должны быть обеспечены вентиляционными устройствами. Вентиляционное оборудование должно иметь взрывобезопасное исполнение. В зданиях со взрыво- и пожароопасными производствами вентиляция должна осуществляться по схеме, исключающей распространение пожара из одного помещения в другое. На видных местах зданий должны быть вывешены знаки, указывающие на места нахождения огнетушителей, кнопок включения системы пожаротушения и извещателей о пожаре.

Суммарная загрузка зданий, в которых изготавливаются ВВ, с учетом ВВ, находящихся непосредственно у зданий в транспортных средствах, не должна превышать 60 т. При этом вместимость накопительной емкости (бункера) должна быть кратной грузоподъемности смесительно-зарядной машины.

Аммиачную, кальциевую и натриевую селитры допускается хранить совместно в одном хранилище окислителей. Нитрит натрия должен храниться и готовиться его раствор в отдельном от окислителей помещении.

Смесительно-зарядным машинам, другим видам транспорта, допущенного для перевозки ВМ и компонентов в производстве эмульсии, разрешается непосредственный подъезд к загрузочным и разгрузочным устройствам СП. Подъезд железнодорожного

транспорта с двигателями обычного исполнения к зданиям, в которых возможно выделение пыли ВВ, допускается не ближе 10 м.

Перед нерабочей сменой технологическое оборудование СП должно быть освобождено от ВВ и их компонентов, отключена электроэнергия, здания пункта закрыты на замки, опломбированы и сданы под охрану. В конце каждой смены отходы производства должны быть удалены из помещений на площадку временного хранения или уничтожения. Повторно их использовать запрещается.

На стационарных пунктах разрешается производить ВВ следующих составов:

- смеси холодного смешивания гранулированной АС с жидкими и твердыми нефтяными, порошкообразными и другими невзрывчатыми горючими добавками;
- смеси холодного смешивания гранулированной АС с гранулированным или чешуйчатым тротилом;
- смеси холодного смешивания гранулированной АС с гранулированным или чешуйчатым тротилом, жидкими и твердыми нефтяными, порошкообразными и другими невзрывчатыми горючими добавками;
- водосодержащие смеси-суспензии или эмульсии на основе раствора АС или раствора ее с добавками кальциевой или натриевой селитры или карбамида с порошкообразными и жидкими невзрывчатыми горючими.

*Рекомендуемая литература по разделу [3, 7, 11, 14].*

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие ВВ можно изготавливать на стационарном пункте?
2. Какие ВВ можно изготавливать на передвижном пункте?
3. Технология приготовления гранулированных ПВВ.
4. Технология приготовления суспензионных ВВ.

## 5. Управление условиями ведения взрывных работ

### 5.1. Факторы, определяющие качество подготовки пород при взрывной технологии

Качество подготовки вскрышных пород взрывом оценивается равномерностью гранулометрического состава, параметрами распределения кусков в развале и параметрами развала, которые в совокупности влияют на технико-экономические показатели последующих технологических процессов. Оно зависит от природных и технических факторов (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Классификация элементов системы управления качеством взрывных работ

Влияние основных факторов на процесс разрушения массива горных пород взрывным способом исследовал Г. П. Демидюк, который систематизировал их по следующим группам:

- прочностные характеристики породы, обусловленные силами сцепления и характеризующиеся сопротивлением сжатию, растяжению и сдвигу;

- сжимаемость и пористость, увеличивающие потери энергии на пластические деформации;

- вязкость, повышающая энергоемкость разрушения;

- плотность, определяющая энергозатраты на преодоление сил инерции;

- зернистость и сланцеватость, характеризующие количество слабых мест и дефектов в породе;

- трещиноватость, облегчающая разрушение массива, но препятствующая дроблению крупных отдельностей.

С учетом свойств вскрышных пород создаются новые типы ВВ с увеличенной зоной химической реакции; совершенствуются конструкции скважинных зарядов, обеспечивающих максимально возможное запираение продуктов взрыва; обосновываются параметры взрывных работ, определяющие рациональное пространственное размещение заряда в массиве; применяются способы взрывания, обеспечивающие увеличение продолжительности периода действия на массив.

*Тип ВВ* является основным показателем при определении значения максимального давления и скорости его нарастания, которые являются техническими характеристиками ВВ. Ширина зоны химической реакции ВВ рассматривается как параметр, позволяющий увеличить время действия давления продуктов детонации на массив. При выборе типа ВВ для условий открытых горных работ учитывают объем породы, отбиваемой взрывом, ее крепость, трещиноватость, обводненность и энергетические характеристики самого ВВ.

*Удельный расход* выбранного типа ВВ, от которого зависит полный запас энергии заряда, оказывает значительное влияние на качество дробления пород. Большой опыт взрывных работ на карьерах свидетельствует о том, что изменение удельного расхода ВВ позволяет в широких пределах регулировать степень дробления пород. Однако в ряде случаев при разрушении трещиноватых пород, особенно когда размеры естественных отдельностей близки

к принятой величине кондиционного куска, значительное повышение удельного расхода ВВ не дает ощутимых результатов. Удельный расход ВВ определяется высотой уступа и параметрами сетки скважин, которые в конкретных горно-геологических условиях с учетом требований технологии рассчитываются, а затем уточняются опытными взрывами. Известно также, что при взрывании уступа скважинными зарядами условно существуют две зоны – регулируемого и нерегулируемого дробления. В зоне регулируемого дробления изменением удельного расхода ВВ можно добиться практически любого качества дробления. Во второй зоне, т. е. со стороны откоса уступа и верхней площадки (на глубину размещения забойки), влияние удельного расхода имеет меньшую значимость.

Влияние *диаметра скважин* на качество взрывной подготовки горной массы у различных исследователей диаметрально противоположное. На основании теоретических и экспериментальных исследований применительно к открытой разработке угольных месторождений Кузбасса установлено, что в мелкоблочных, сильнотрещиноватых породах, при транспортной технологии, экономически оправдано сотрясательное взрывание с удельным расходом  $0,2\text{--}0,4 \text{ кг/м}^3$  при диаметре скважин  $0,190\text{--}0,320 \text{ м}$ , а для подготовки крупноблочных и исключительно крупноблочных пород рекомендуется применять скважины диаметром  $0,150\text{--}0,270 \text{ м}$  при удельном расходе  $0,5\text{--}1,0 \text{ кг/м}^3$ , т. к. увеличение затрат на буровзрывные работы компенсируется снижением стоимости последующих технологических процессов.

Изменение *угла наклона скважин* в пределах от  $90$  до  $60^\circ$  обеспечивает условия для более равномерного размещения заряда ВВ в массиве относительно открытой поверхности, что способствует увеличению полезной работы взрыва по дроблению и перемещению горной массы. Опыт проведения промышленных взрывов способствовал обоснованию угла наклона скважин в различных горно-геологических условиях. Так, при транспортной технологии обработки крупноблочных пород рекомендуется принимать угол наклона в пределах  $70\text{--}75^\circ$ , а в мелко- и среднеблочных породах при высоте уступа до  $15 \text{ м}$  можно применять вертикальные скважины. При бестранспортной технологии угол наклона скважин выбирается с учетом обеспечения максимального эффекта от взрывного пере-

мещения породы в отвал и составляет 60–75°. В зависимости от угла наклона скважин и высоты уступа изменяется и линия сопротивления по подошве (ЛСПП) уступа.

*Конструкция заряда* является технологическим фактором, позволяющим изменять продолжительность действия взрыва на горную среду. Регулирование параметров конструкции заряда приводит к изменению формы взрывного импульса и дает возможность управлять механизмом и интенсивностью дробления горных пород взрывом.

Считается, что улучшенное дробление породы достигается применением рассредоточенных по длине скважины зарядов с воздушными компенсационными промежутками между ними. Такая конструкция заряда способствует запиранию продуктов взрыва, что увеличивает объем породы, в котором происходит интерференция взрывных волн и которая способствует более интенсивному и равномерному ее дроблению. При рассредоточении заряда удельный расход ВВ можно снизить примерно на 10 %. При прочих равных условиях увеличению удельного импульса, даже при меньшем максимальном давлении в скважине, способствует использование качественной забойки.

*Забойка* уменьшает потери энергии в процессе детонации ВВ, что способствует полноте детонации и повышению на 20–25 % полезной работы взрыва. Забойка способствует завершению вторичных реакций в продуктах детонации, повышающих энергию взрыва, увеличивает длительность поршневого действия продуктов детонации и длительность напряженного состояния породы под воздействием взрыва, что обеспечивает более интенсивное дробление породы; способствует уменьшению на 25–30 % выхода ядовитых газов в продуктах детонации, что очень важно для глубоких, трудно проветриваемых карьеров; препятствует образованию сильной ударной воздушной волны.

Особенно важна качественная забойка при применении простейших аммиачно-селитренных ВВ с относительно небольшими скоростями детонации. Технология выполнения забойки предусматривает механизацию выполнения этой трудоемкой операции.

В качестве забоечного материала при механизированном способе забойки применяют бетон, щебень, песок, глину, отсев обогащения, шлак, пенополистирол, гидрогель.

Однако на практике, и в особенности на разрезах Кузбасса, забойка взрывных скважин буровой мелочью осуществляется вручную.

При забойке скважин вручную в основном используется буровая мелочь, которая в зимнее время еще и перемешивается со снегом.

Одним из параметров, характеризующих эффективность забойки, является величина забойки  $l_{\text{заб}}$  по условию полного охвата взрываемого массива дробящим действием заряда ВВ.

Слой породы в кровле уступа не подвергается непосредственному дробящему действию зарядов и является зоной нерегулируемого дробления. Наличие зоны нерегулируемого дробления приводит к ухудшению кусковатости горной массы. При определенном диаметре заряда  $d_3$  и соответствующей ему величине забойки  $l_{\text{заб}}$  в пределах  $(15-25)d_3$  удельный вес зоны нерегулируемого дробления со стороны верхней площадки уступа в общем объеме отбиваемой горной массы зависит от высоты уступа, которую следует учитывать как фактор при расчете кусковатости. Эта часть массива снизу ограничивается плоскостью подошвы взрываемого уступа, а сверху некоторой поверхностью, образованной зонами разрушений породы от предыдущего взрыва. Известно, что зона нерегулируемого дробления представляет собой слой породы в кровле уступа величиной от 2 до 4 м. Интенсивность волн напряжений от взрыва здесь ослабляется в связи с их резким затуханием, а фугасного действия оказывается недостаточно для равномерного дробления породы, поэтому наблюдается выход негабаритных фракций.

Негабаритные размеры кусков горной породы определяются исходя из параметров применяемого погрузочно-транспортного и дробильного оборудования. В горной промышленности максимальный размер габаритных кусков  $\Gamma$  увязывают с вместимостью ковшей  $E$  экскаваторов  $\Gamma = 0,75\sqrt[3]{E}$  или с вместимостью транспортных  $E_T$  средств, тогда  $\Gamma = 0,5\sqrt[3]{E_T}$ . На карьерах стройматериалов негабаритными считаются куски породы, наибольший размер которых превышает  $2/3$  ширины ковша экскаватора или  $3/4$  меньшей стороны приемного отверстия дробилки.

Количество негабарита на угольных разрезах составляет 2–3 %, а на рудных карьерах и карьерах стройматериалов – до 25 %.

С позиций экологии более предпочтительной является *гидрозабойка*, которая не содержит твердых частиц. При отработке обводненных горизонтов с высоким статистическим уровнем подземных вод гидрозабойка формируется за счет естественного притока воды в скважины. При низком уровне подземных вод используется гидрозабойка в рукаве или гидрогелевая забойка.

*Гидрогелевая забойка*, обладая тиксотропными связями, не растекается по трещинам. В момент взрыва по гидрогелевой забойке распространяется ударная волна, которая сжимает слои гидрогеля на контакте заряда и забойки. Гидрогель деформируется, разрывая тиксотропные связи, и переходит в жидкое состояние. Газы, насыщенные жидкостью, выбрасываются из устья скважины с меньшей скоростью и меньшим количеством вредных примесей.

Технология применения низкоплотных пористых материалов, содержащих воду, в конструкции скважинного заряда в качестве забойки с целью повышения качества взрывных работ изучена достаточно хорошо, но в силу отсутствия механизации пока не находит широкого применения.

## ***5.2. Горнотехнические и гидрогеологические условия ведения взрывных работ***

Факторами *природного* характера, влияющими на качество подготовки вскрышных пород, являются горнотехнические и гидрогеологические условия ведения взрывных работ. Массив вскрышных пород, как объект подготовки к выемке, представляет собой совокупность естественных отдельностей с различной степенью связности и обводненности.

Вскрышные породы угольных месторождений чаще всего имеют осадочное происхождение, исходным материалом которых являлись разрушенные частицы магматических пород, перенесенных водой или ветром на значительные расстояния. Их отложения со временем уплотнялись, между частицами возникали капиллярные, адсорбционные, а в дальнейшем более прочные кристаллические связи. Процесс гравитационной консолидации и последующих метаморфических изменений привел к тому, что пески с крупностью зерен 0,1–2,0 мм превращались в песчаники, а затем в кварциты. Частицы с более мелкими зернами размером 0,01–0,10 мм пре-

образовывались в алевролиты, а глины – в аргиллиты с крупностью зерен менее 0,01 мм.

Для осадочных пород угольных месторождений типичным является наличие трех систем трещин: трещин напластований и двух систем, секущих напластования практически под прямым углом, что обуславливает их блочную структуру. Трещины заполнены воздухом или водой. В зависимости от минерального состава, содержания компонентов и трещиноватости динамические свойства горных пород могут меняться в весьма широких пределах.

Для определения состояния горных пород, как многокомпонентной среды, существует характеристика средней плотности:

$$\rho_0 = \alpha_1 \rho_1 + \alpha_2 \rho_2 + \alpha_3 \rho_3 = \frac{m}{V}, \quad (5.1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – содержание по объему твердой, жидкой и газообразной фазы, доли ед.;  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  – плотность твердой, жидкой и газообразной компоненты, г/см<sup>3</sup>;  $m$  – суммарная масса трех фаз, г;  $V$  – общий объем, см<sup>3</sup>.

В естественном состоянии горные породы содержат фиксированные по объему доли газообразного  $\alpha_1$ , жидкого  $\alpha_2$ , твердого  $\alpha_3$  компонентов. Поскольку в единице объема горной породы выполняется условие  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ , а плотность каждого из составляющих при атмосферном давлении известна и составляет для воздуха  $\rho_1 = 1,2 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>, для воды  $\rho_2 = 1$  г/см<sup>3</sup>, а твердого (типа кварца), как основного элемента осадочных пород,  $\rho_3 = 2,65$  г/см<sup>3</sup>, то средняя плотность  $\rho_0$  горных пород колеблется в пределах 2,3–2,6 г/см<sup>3</sup>.

Минеральный состав и строение горных пород определяют их физико-механические свойства, оказывающие большое влияние на эффективность основных технологических процессов при разработке месторождений.

Одним из инструментов, позволяющим связать физико-механические свойства с технологическими параметрами взрывных работ, взаимосвязанных с удельным расходом ВВ, является классификация осадочных пород по степени трещиноватости в массиве. Вскрышные породы угольных разрезов разделены на пять категорий по блочности (трещиноватости) от мелкоблочных до исключительно крупноблочных.

В основу классификации были положены структурные (диаметр средней естественной отдельности  $d_e$ , численно равной среднему арифметическому длины, ширины и высоты естественной отдельности) и прочностные (временное сопротивление сжатию  $\sigma_{сж}$ ) характеристики, а также акустические свойства массива, которые главным образом определяют сопротивляемость пород взрывному разрушению (табл. 5.1).

Таблица 5.1

**Классификация вскрышных пород по блочности**

Категория пород по блочности	Характеристика пород по блочности	Структурные свойства массива		Физико-механические свойства пород		Упругие и акустические свойства	
		диаметр средней естественной отдельности, м	содержание в массиве фракции +1000 мм, %	плотность, т/м <sup>3</sup>	временное сопротивление сжатию, МПа	скорость продольной волны, м/с	акустическая жесткость, Г/см <sup>3</sup> ·см/с·10 <sup>5</sup>
I	Мелкоблочные	< 0,8	< 40	2,3–2,45	< 40	< 800	< 3,0
II	Среднеблочные	0,8–1,2	41–55	2,4–2,5	41–60	900–1450	3,0–3,5
III	Крупноблочные	1,21–1,6	56–80	2,4–2,52	61–80	1500–2450	3,5–4,0
IV	Весьма крупноблочные	1,61–2,0	81–90	2,4–2,55	81–100	2500–3950	4,0–4,5
V	Исключительно крупноблочные	> 2,0	> 90	2,5–2,6	> 100	> 4000	> 4,5

Между прочностной характеристикой массива и структурной существует взаимосвязь  $d_e = 0,02\sigma_{сж}$ . В производственных услови-

ях часто пользуются коэффициентом крепости, предложенным М. М. Протодяконовым, значение которого составляет  $f = 0,1\sigma_{сж}$ . Наличие в классификации такого показателя, как акустическая жесткость, позволяет в совокупности с другими характеристиками горной среды аналитически рассмотреть принцип управления взрывом, особенности передачи взрывного импульса и распространения волн напряжений в массиве, в зависимости от конструктивных изменений скважинного заряда.

По статистическим данным соотношение пород по блочности в среднем по разрезам Кузбасса составляет: мелкоблочные – 39 %; среднеблочные – 42 %; крупноблочные – 16 %; весьма крупноблочные и исключительно крупноблочные – 4 %.

Гидрогеологическая характеристика угольных месторождений показывает, что обводненность коренных пород зависит от литологического состава пород, трещиноватости и гипсометрического положения относительно рельефа местности. Наиболее обводненными являются песчаники в зоне физического выветривания до глубины 80–120 м, а иногда и более 200 м. Несмотря, на первый взгляд, на хаотическое расположение трещин, затухание их всегда направлено от дневной поверхности. Вследствие этого на водоразделах, где движение вод совпадает с направлением затухания тектонических трещин, последние подвергаются кальматации глинистым материалом, принесенным из верхней наиболее разрушенной части.

Районирование угольных разрезов по обводненности указывает на то, что вскрышные породы разрезов Кузбасса обводнены в среднем на 28–35 % (табл. 5.2).

Обычно оценку обводненности проводят по притоку и высоте столба воды во взрывных скважинах. Из общего количества скважин глубиной 15–18 м доля обводненных составляет около 40 %. Из них в 43 % скважин высота столба воды составляет в пределах перебура, т. е. не более 3 м, а приток воды до 25 л/ч, что определяет скорость восстановления уровня до 0,25 м/мин. Примерно в 52 % скважин притоки колеблются от 25 до 500 л/ч со скоростью восстановления уровня более 0,25 м/мин. Высота столба воды в них изменяется от 3 до 10 м (рис. 5.2). В остальных случаях высота столба воды в скважинах более 10 м, а притоки в них более 700 л/ч.

На основании изучения гидродинамического режима подземных вод для практического использования конструкций скважин-

ных зарядов в условиях открытых горных работ применяется классификация обводненности взрывных скважин, в которой увязаны скорость фильтрации, обуславливающая интенсивность восстановления гидростатического уровня, и высота столба воды в скважине.

Таблица 5.2

***Обводненность вскрышных пород на разрезах Кузбасса***

Разрезы	Обводненность, %	Разрезы	Обводненность, %
1. Кедровский	30,1	10. Камышанский	42,2
2. Черниговский	28,0	11. Калтанский	25,1
3. Моховский	16,8	12. Талдинский	29,3
4. Сартаки	25,3	13. Осинниковский	23,9
5. Караканский	20,0	14. Красногорский	27,5
6. Бачатский	37,8	15. Томусинский	24,6
7. Краснобродский	43,1	16. Междуреченский	23,5
8. Киселевский	34,1	17. Сибиргинский	24,8
9. Прокопьевский	27,1	18. Ольжерасский	28,2

В зависимости от степени обводненности разрабатываемого месторождения скважины предложено условно подразделять на сухие, в которых уровень воды  $h_b$  находится в пределах перебура  $H_{пер}$  и приток в скважины практически отсутствует, частично обводненные с высотой столба воды  $h_b$  до половины высоты скважины  $H_c$  и притоком в скважину до 12 л/мин и обводненные с уровнем столба воды  $h_b$  более половины высоты скважины и притоком более 12 л/мин.

Сухие скважины, как правило, находятся на верхних горизонтах. Частично обводненные скважины распространены более широко. На верхних горизонтах их обводненность связана с количеством атмосферных осадков и при осушении таких скважин уровень воды практически не восстанавливается, а на нижних горизонтах частично обводненные скважины чаще обнаруживаются вблизи откосов уступов. Скорость фильтрации в таких скважинах не превышает 0,45 м/сут, а время восстановления гидростатического уровня воды после откачки составляет более трех суток. Эти скважины целесообразно осушать перед их заряданием ВВ. Проточные воды характерны для слаботрещиноватых пород со скоростями фильтрации

более 0,45 м/сут. При откачке воды из таких скважин гидростатический уровень в них восстанавливается практически полностью.

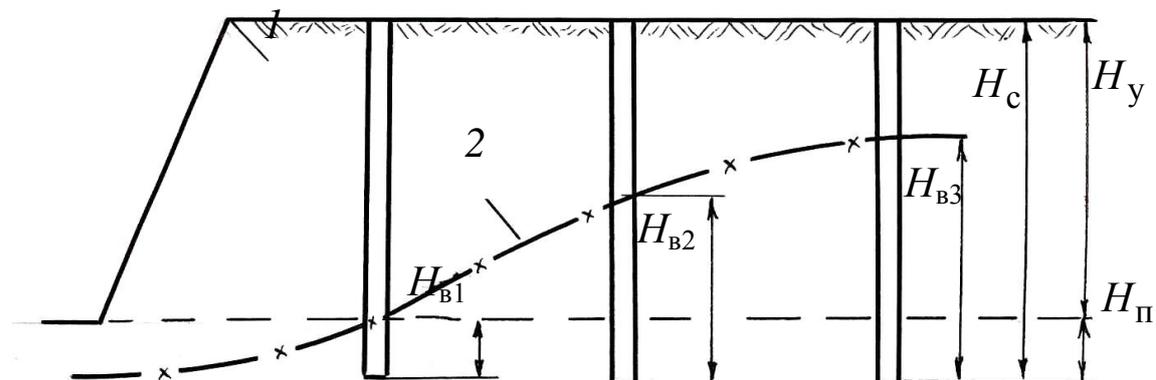


Рис. 5.2. Средний уровень воды во взрывных скважинах:

1 – верхняя бровка уступа; 2 – уровень подземных вод;  $H_{\Pi}$  – перебур;

$H_{B1}$ ,  $H_{B2}$ ,  $H_{B3}$  – уровень столба воды в скважинах;  $H_c$  – высота скважины;

$H_y$  – высота уступа

При интенсивности водопритоков в скважины до 150 л/ч и времени восстановления гидростатического уровня, не превышающем время подготовки блока к взрыву, осушение скважин целесообразно. При проектировании параметров взрывных работ обводненные скважины условно подразделяют на три группы, определяющих конструкцию скважинного заряда (табл. 5.3).

Таблица 5.3

**Классификация взрывных скважин по обводненности**

Характеристика обводненности	Гидродинамический режим		
	скорость фильтрации, м/сут	время восстановления уровня, ч	максимальный приток воды в скважины, л/ч
1 группа. Сухие ( $h_b < 0,1H_y$ )	до 0,1	более 96	0–72
2 группа. Частично обводненные скважины ( $0,1H_y < h_b < 0,5H_y$ )	0,1–0,45	24–72	72–150
3 группа. Обводненные ( $h_b > 0,5H_y$ )	более 0,45	менее 24	более 150

По сухим скважинам – сплошная или рассредоточенная воздушными промежутками колонка заряда из ВВ одного типа. По частично обводненным скважинам – комбинированные заряды из водоустойчивых ВВ в обводненной части скважины и неводоустойчивые ВВ выше гидростатического уровня (рис. 5.3).

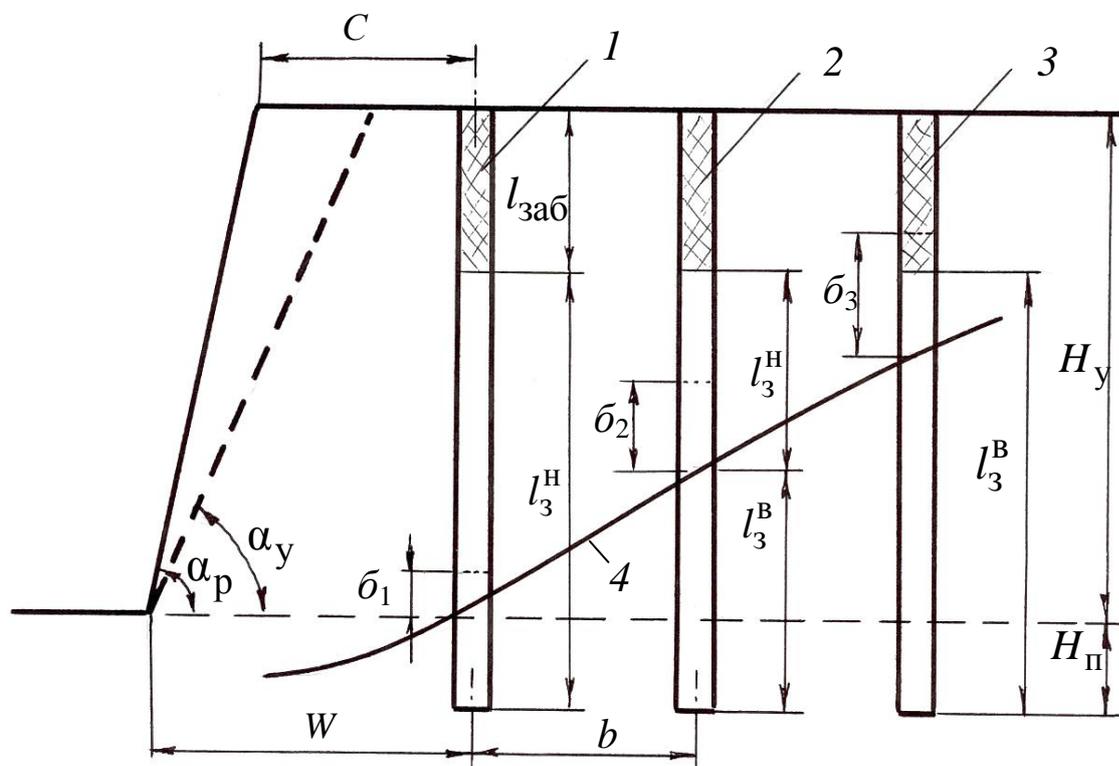


Рис. 5.3. Схема к обоснованию конструкции заряда ВВ:

1, 2, 3 – скважины соответственно 1-, 2- и 3-й группы; 4 – гидростатический уровень воды;  $b_1, b_2, b_3$  – повышение гидростатического уровня воды при зарядании скважин ВВ;  $l_3^H$  – длина заряда из неводоустойчивого ВВ;  $l_3^B$  – длина заряда из водоустойчивого ВВ;  $l_{заб}$  – длина забойки;  $H_y$  – высота уступа;  $H_{П}$  – перебур;  $C$  – минимально безопасное расстояние от верхней бровки уступа до оси первого ряда скважин;  $W$  – линия сопротивления по подошве уступа;  $b$  – расстояние между рядами скважин;  $\alpha_p, \alpha_y$  – угол откоса и устойчивости уступа

По обводненным скважинам, когда высота столба воды равна или больше длины заряда, весь заряд формируется либо из водоустойчивого ВВ, либо из неводоустойчивого ВВ в гидроизолированной оболочке. При формировании заряда в обводненной скважине вода вытесняется тонущим ВВ выше гидростатического уровня.

В скважинах первой группы практически вся вода поглощается зарядом ВВ. В скважинах второй группы по истечении некоторого времени происходит восстановление гидростатического уровня. При зарядании скважины водоустойчивое ВВ засыпают до тех пор, пока не перекроют гидростатический уровень воды, а затем формируют верхнюю часть заряда из неводоустойчивого ВВ.

Сведения об обводненности массивов вскрышных пород используются для планирования ассортимента ВВ при проектировании массовых взрывов. С этой целью целесообразно провести анализ высоты столба воды в скважинах по замерам, приведенным в проектах на массовые взрывы, на всем поле разреза. Необходимо нанести контуры этих участков на план горных работ. Это позволит районировать поле разреза по обводненности и прогнозировать расход водоустойчивых и неводоустойчивых ВВ. Несмотря на рациональный выбор ассортимента ВВ в обводненных условиях, часть заряда ВВ вымывается, оказывая негативное влияние не только на качество подготовки горной массы, но и на качество карьерных вод.

Таким образом, горнотехнические условия и обводненность массивов вскрышных пород оказывают существенное влияние на выбор взрывной технологии подготовки горной массы к выемке при открытой разработке. Это, прежде всего, сказывается на выборе типа ВВ, конструкции скважинного заряда и материала забойки. Поскольку исключить обводненность массива горных пород в пределах карьерного поля, а следовательно, и притоки воды в скважины полностью не представляется возможным, необходимо рационально применять способы ее использования для повышения безопасности ведения взрывных работ.

***Рекомендуемая литература по разделу [3, 7, 11, 14]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие факторы влияют на качество взрывной подготовки пород к выемке?
2. Как выбирается тип ВВ?
3. Под каким углом бурят взрывные скважины?
4. Что такое обводненность вскрышных пород?
5. Как обводненность скважин влияет на выбор ВВ?

## 6. Технология заряжания взрывных скважин

### 6.1. Конструкции скважинных зарядов

При проведении взрывных работ конструкции скважинных зарядов применяют в зависимости от конкретных условий. Наиболее простым решением является использование *сплошных* зарядов. В состав однородного сплошного заряда входит взрывчатое вещество одной марки и промежуточный детонатор (рис. 6.1, а). Комбинированные сплошные заряды чаще всего формируются из взрывчатых веществ разных марок и промежуточных детонаторов, устанавливаемых в каждой марке ВВ. Такие заряды формируют в слабообводненных или осушенных скважинах, когда в нижней части заряда используется водоустойчивое ВВ, а сухая часть скважины заряжается неводоустойчивыми ВВ (рис. 6.1, б). Иногда комбинированные сплошные заряды формируются по схеме «цилиндр в цилиндре».

В этом случае более мощное ВВ заряжают в окружении менее мощного ВВ. Внутренний заряд выполняет функцию линейного инициатора ВВ, расположенного вокруг него (рис. 6.1, в). Последние две конструкции экономически более выгодны. В то же время замена части заряда ВВ на менее мощное не снижает эффективности взрыва. При использовании смесительно-зарядных машин формирование зарядов таких конструкций не вызывает особых затруднений в организации труда взрывников.

*Расседоточенные* заряды ВВ по высоте делятся на верхнюю и нижнюю части в соотношении 1 : 2, а пространство между ними заполняется либо инертным материалом – буровой мелочью, пенополистиролом или твердеющим пеногелем (рис. 6.1, г), либо остается свободным. Тогда между верхней и нижней частями заряда создается воздушный промежуток величиной 0,6–0,8 от длины верхней части заряда (рис. 6.1, д).

Формирование расседоточенных зарядов ВВ с воздушным промежутком в сухих, слабообводненных и осушенных скважинах осуществляется при помощи скважинных затворов различных конструкций. Опыт использования на ряде разрезов Кузбасса надувных пневмозатворов показал их эффективность.

Рассредоточенный заряд по сравнению со сплошным позволяет при той же массе заряда увеличить высоту зоны регулируемого дробления, снизить величину пикового давления продуктов взрыва, что приводит к улучшению дробления массива в зоне регулируемого дробления и уменьшает переизмельчение породы в зоне сжатия.

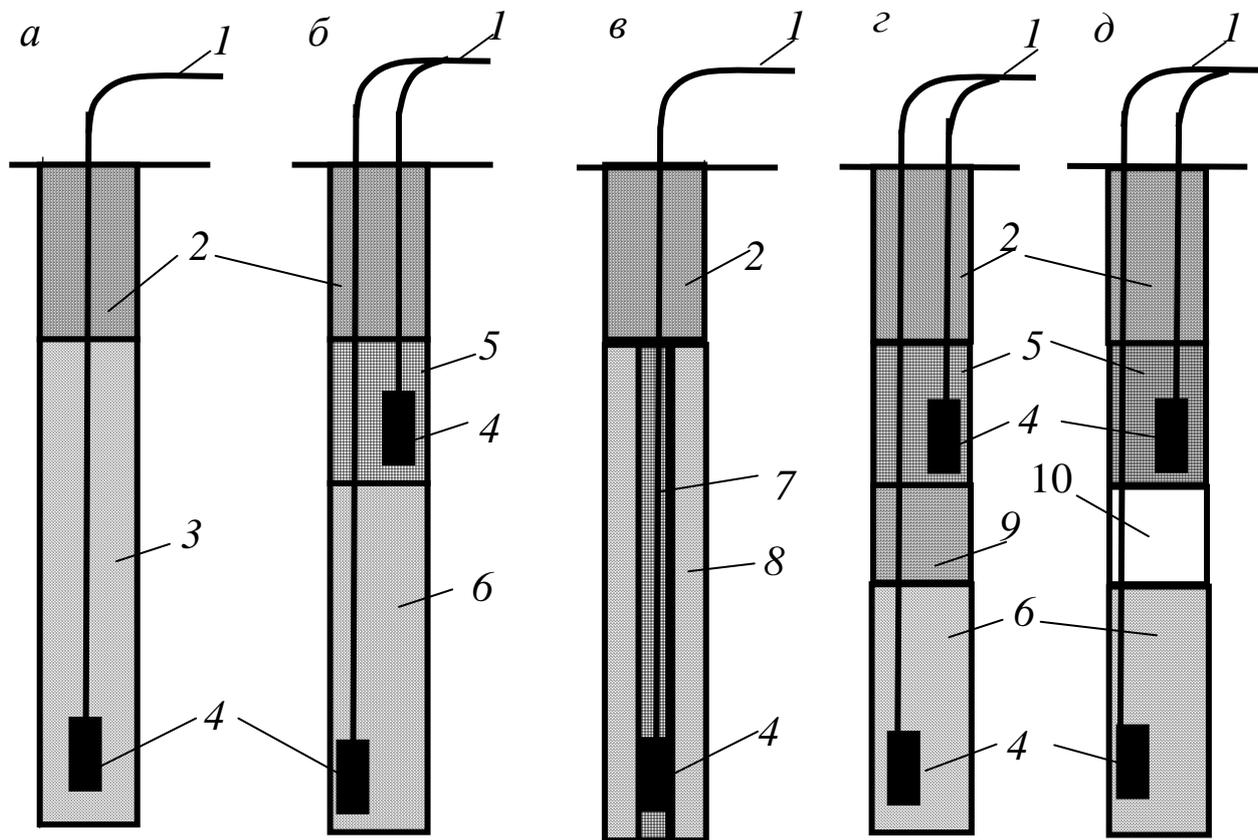


Рис. 6.1. Конструкции скважинных зарядов:

*а* – однородные сплошные, *б* – комбинированные, *в* – «цилиндр в цилиндре»; *г* – рассредоточенные инертным материалом, *д* – воздушным промежутком; 1 – проводник начального импульса; 2 – забойка; 3 – заряд ВВ; 4 – промежуточный детонатор; 5 – верхняя часть заряда ВВ; 6 – нижняя часть заряда ВВ; 7 – внутренний цилиндрический заряд ВВ; 8 – внешний цилиндрический заряд ВВ; 9 – инертный промежуток; 10 – воздушный промежуток

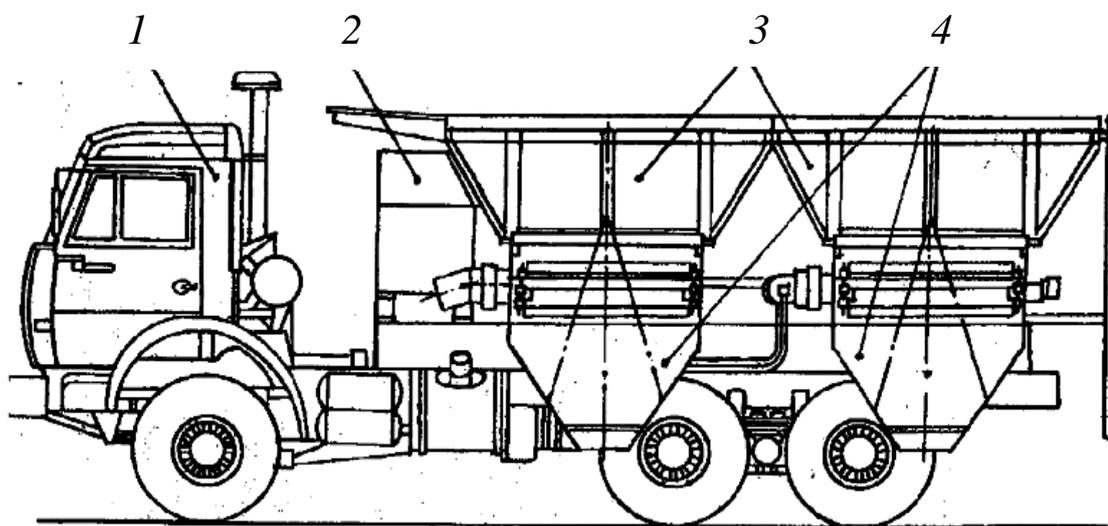
Немаловажное значение в конструкции скважинного заряда имеет расположение промежуточного детонатора (ПД). При сплошном однородном заряде различают прямое инициирование с установкой ПД в верхней части заряда и обратное, когда ПД располагают на уровне подошвы уступа.

По данным проф. Н. В. Мосинца, прямое инициирование способствует повышению качества дробления породы, когда скорость детонации заряда более чем 1,6 раза превышает скорость продольной волны в массиве. Это значит, что прямое инициирование предпочтительно использовать в весьма крупноблочных и исключительно крупноблочных, крепких породах. В мелкоблочных породах и породах средней блочности предпочтительно применять обратное инициирование.

При комбинированных и рассредоточенных зарядах рациональным считается инициирование верхней части с замедлением 15–25 мс относительно нижней. Этот эффект достигается использованием при монтаже волноводных систем инициирования типа Эдилин, когда в верхней части заряда устанавливается элемент ДБИ1 (500 мс), а в нижней – ДБИ1 (475 мс).

Свободная часть скважины от устья до заряда ВВ обычно заполняется забоечным материалом.

Технология забойки взрывных скважин твердым материалом на первый взгляд не вызывает особых затруднений, т. к. для этой цели разработан ряд машин (ЗС-1Б, ЗС-2М, МЗ1-1 и др.), обеспечивающих механизацию процесса забойки (рис. 6.2).



*Рис. 6.2. Забоечная машина ЗС-2М:*

*1 – автомобиль; 2 – гидросистема; 3 – бункер с забойкой;  
4 – лоток питателя*

При механизированной забойке скважин песок, отсев породы, шлак и т. п. из бункера 3 забоечной машины 1 при помощи лотка

питателя 4 засыпается в устье скважины. Забоечный материал в машину загружают на пунктах подготовки. Обычно эти пункты находятся на значительном расстоянии от борта карьера. При массовом взрыве средней мощности (до 100 т) необходимо перевести в карьер около 100 м<sup>3</sup> забоечного материала. Потребность в больших объемах забоечного материала и недостаточное количество забоечных машин объясняет тот факт, что до 70–80 % от общего объема забоечных работ выполняется вручную. Чаще всего забойка осуществляется вручную из буровой мелочи. Трудоемкость забоечных работ весьма высокая. На 1 т ВВ необходимо в среднем до 1,3 т твердой забойки. Сменная норма на одного рабочего при ручной забойке составляет около 4,5 т. Поэтому на практике при первой же возможности забойку не выполняют, компенсируя потери энергии взрыва скважинного заряда без забойки увеличением удельного расхода ВВ. При взрыве это обстоятельство, с позиций безопасности, влияет на повышение радиуса разлета кусков породы.

## ***6.2. Управление процессом заряжания взрывных скважин***

### ***6.2.1. Взрывные работы в сухих скважинах***

Технология проведения массового взрыва предусматривает выполнение ряда этапов и операций.

Подготовительный этап включает:

- подготовку исходных данных и составление проекта массового взрыва, в т. ч. определение удельного расхода ВВ, обеспечивающего необходимую степень дробления массива; выбор диаметра скважин; расчет глубины скважины, величины забойки, перебура, линии сопротивления по подошве, расстояния между рядами скважин и скважинами в ряду, величины скважинного заряда; выбор конструкции скважинного заряда;
- определение границ опасной зоны;
- установление системы сигнализации и охраны.

Выполнение массового взрыва предусматривает:

- изготовление боевиков;
- непосредственно заряжание скважин ВВ и их забойку;
- монтаж взрывной сети и производство взрыва;
- осмотр забоя.

В соответствии с проектом массового взрыва взрывник, имеющий допуск на право ведения взрывных работ, получает на складе необходимые ВВ и средства инициирования (СИ).

При ручном зарядании взрывных скважин ВВ упаковано в мешки по 40 кг. При транспортировании ВВ в мешках к месту взрыва кузов автомобиля должен быть загружен на 2/3 своей грузоподъемности. Средства инициирования согласно проекту в необходимом количестве доставляются на место взрыва.

При механизированном зарядании готовое ВВ или компоненты для его приготовления в процессе зарядания скважин загружаются в бункеры зарядной или смесительно-зарядной машины и доставляются к месту проведения массового взрыва.

Для зарядания сухих скважин используют относительно дешевые неводоустойчивые ВВ гранулиты; граммонит 79/21, ТК, ТКЗ; сибирит-2500РЗ.

При взрывании с использованием в качестве средства инициирования детонирующего шнура (ДШ) технология зарядания сухих скважин состоит в выполнении ряда операций. К концу ДШ, свернутому в бухту, привязывается тротиловая шашка – промежуточный детонатор, который опускается в скважину до уровня подошвы уступа нижележащего горизонта. От бухты отрезают ДШ и свободный конец закрепляют у устья скважины. Одновременно в скважину засыпают из мешков или зарядной машины количество ВВ, соответствующее расчетной массе заряда. Формируют проектируемую конструкцию скважинного заряда, сплошную или рассредоточенную. При комбинированных или рассредоточенных на части зарядах в каждую из них помещают промежуточный детонатор. В этом случае на поверхность из устья скважины выходят два отрезка ДШ.

Свободную от заряда часть скважины заполняют забойкой. После зарядания всех скважин по поверхности блока размещаются магистральные и секционные линии ДШ. Выходящие из скважин концы ДШ присоединяются к секционным линиям, а секционные – к магистральным линиям ДШ. При короткозамедленном взрывании, между скважинами или группами скважин, взрывааемых одновременно, в магистральную линию ввязываются пиротехнические реле. Затем к началу взрывной сети присоединяют

зажигательную трубку, состоящую из капсуля-детонатора и отрезка огнепроводного шнура.

При инициировании скважинных зарядов низкоэнергетическими системами инициирования типа СИНВ, Искра, Эдилин, Нонель и т. п. патрон-боевик изготавливают путем установки в ПД миникапсюля-детонатора, закрепленного в скважинном волноводе. После заряжания и забойки скважин выходящие из скважин концы волноводов присоединяют через монтажные блоки с встроенными в них миникапсюлями-детонаторами короткозамедленного действия, к сети поверхностных волноводов. Начало взрывной сети подсоединяют к волноводу с монтажным блоком, имеющим миникапсюль-детонатор мгновенного действия (стартовый). Иницирующий импульс в стартовый волновод подается от пускового устройства (УС-2, ИВ-2АМ или УПЭ-1,5/Х).

### ***6.2.2. Взрывные работы в обводненных скважинах***

Обводненность массива в условиях открытых горных работ существенно ухудшает технико-экономические показатели взрывной подготовки вскрышных пород перед экскавацией. На практике в обводненных породах применяют два способа заряжания взрывных скважин:

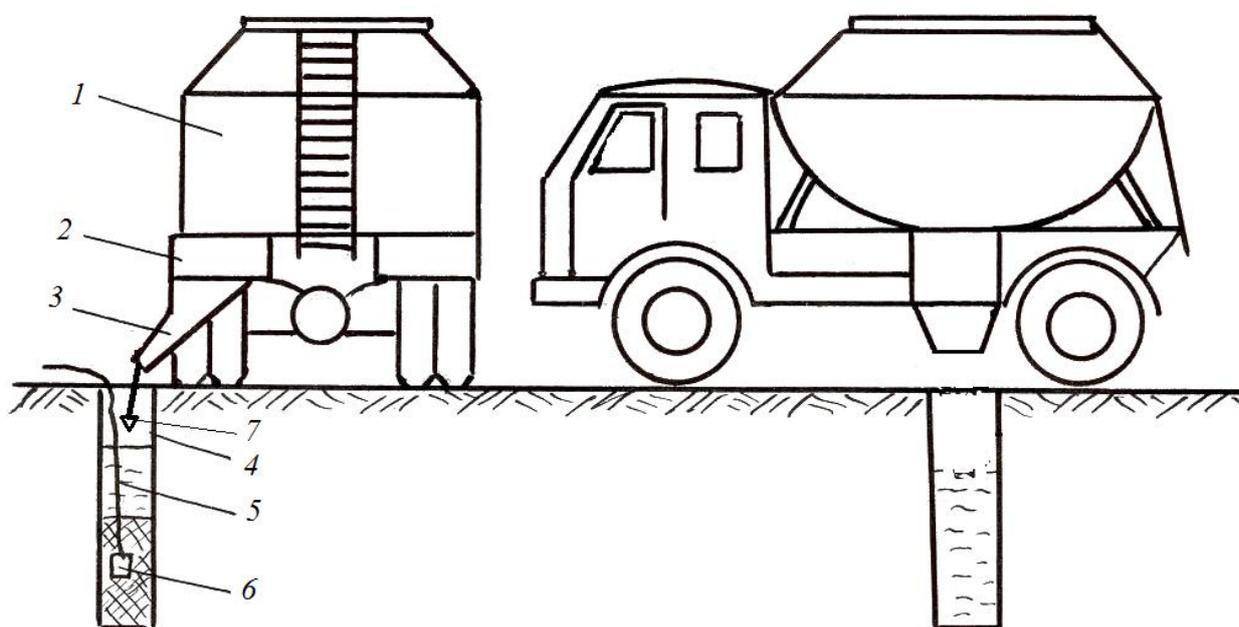
- без удаления воды из скважин, в т. ч. непосредственно через воду и под воду;
- с предварительным удалением воды из скважины перед заряжением.

*Технология заряжания через воду* отличается тем, что используются более дорогостоящие ВВ, содержащие тротил (гранулотол, алюмотол, граммонит 30/70). Заряжание этих гранулированных ВВ может осуществляться как вручную из мешков, так и механизированно, с использованием зарядных машин МЗ-3, МЗ-4, МЗ-8 и др. Технология заряжания состоит в том, что в бункер 1 зарядной машины загружается гранулированное ВВ (рис. 6.3). Машина заезжает на блок, двигаясь вдоль ряда скважин, останавливается так, чтобы лоток 2 дозатора 3 был направлен к устью скважины 4. В процессе заряжания скважины взрывчатым веществом 7 в нее одновременно опускается на детонирующем шнуре или ударно-волновой трубке 5 промежуточный детонатор (шашка) 6. После заряжания очередной

скважины зарядная машина проезжает к следующей скважине, и процесс повторяется.

Несмотря на то, что трудоемкость этого способа минимальная, себестоимость взрывной подготовки пород довольно высокая, поскольку используются, как правило, дорогостоящие ВВ.

Нередко при высокой степени обводненности массива, сложенного легко взрывающимися породами (аргиллитами, алевролитами), используют дорогостоящие мощные тротилсодержащие ВВ, в то время как для разрушения массива достаточно было бы использовать простейшие аммиачно-селитренные ВВ (гранулиты).

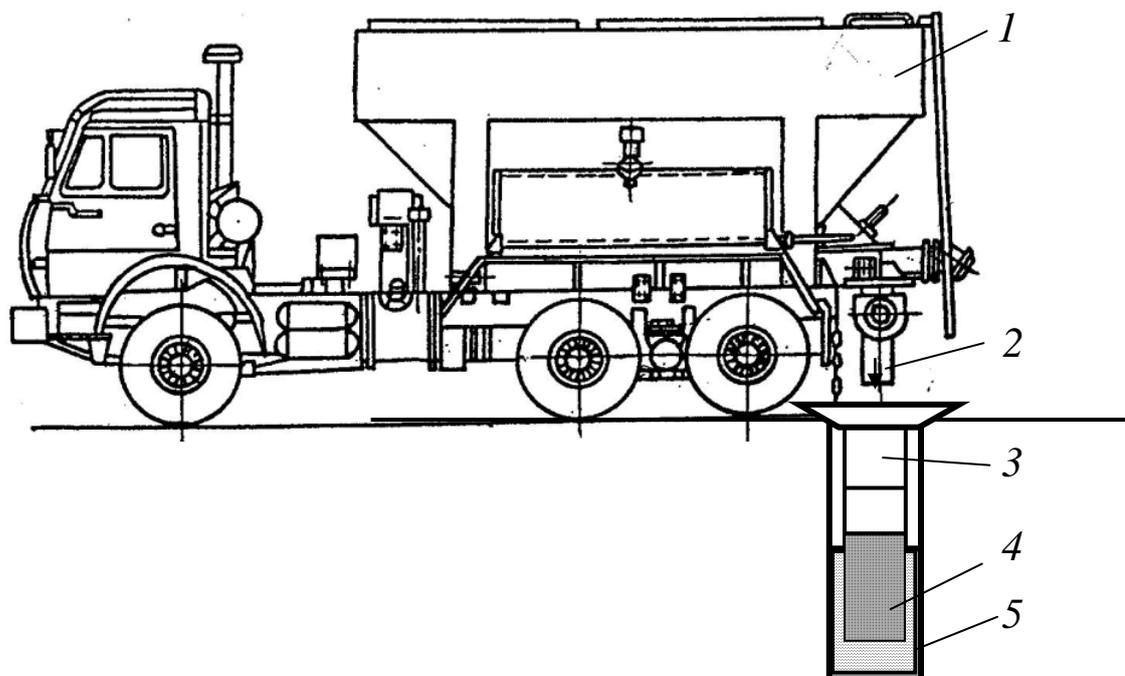


*Рис. 6.3. Машина зарядная МЗ-8:*

*1 – бункер; 2 – лоток; 3 – дозатор; 4 – скважина; 5 – ДШ или УВТ;  
6 – промежуточный детонатор; 7 – подача ВВ*

Другой недостаток этого способа в том, что, несмотря на абсолютную водоустойчивость, при зарядании в обводненную скважину при отрицательных температурах окружающего воздуха погруженные в воду гранулы ВВ смерзаются, что, во-первых, увеличивает время на формирование заряда в скважине, во-вторых, часть энергии при взрыве расходуется на плавление льда. Образование ледяных пробок в обводненных скважинах наблюдается и при зарядании граммонита 30/70, т. к. часть аммиачной селитры растворяется с поглощением тепла, образуется шуга, которая препятствует

потопляемости заряда ВВ. Для того чтобы скважину, заполненную водой, зарядить неводоустойчивым ВВ (например, игданитом, гранулитом или граммонитом 79/21), используют эластичные гидроизолирующие оболочки в виде цельнотянутого полиэтиленового рукава. В устье скважины устанавливается воронка с собранным на нее в виде гармошки гидроизолирующим рукавом 3 (рис. 6.4).



*Рис. 6.4. Механизированное зарядание ВВ в рукав:  
1 – бункер МЗ-3Б; 2 – питатель; 3 – воронка с гидроизолирующим рукавом; 4 – ВВ в гидроизолирующем рукаве; 5 – обводненная скважина*

Внутри рукава 3 из питателя 2 подается ВВ. Рукав опускается в скважину 5, и формируемый в гидроизолированной оболочке 4 заряд ВВ постепенно погружается в воду. Чтобы заряд в оболочке «не зависал» за счет трения о стенки скважины, его диаметр должен быть на 40–45 мм меньше диаметра скважины. Промежуточные детонаторы вводят в рукав в процессе заполнения его взрывчатым веществом. Конструкция скважинного заряда с использованием гидроизолирующих оболочек может быть как сплошная, так и рассредоточенная водным промежутком.

*Технология зарядания под воду* также довольно проста, но используемые при этом водоустойчивые ВВ дороже простейших аммиачно-селитренных ВВ. При зарядании ВВ под воду зарядные машины снабжены специальными шлангами, которые спускаются в скважину до ее дна, и по ним ВВ подается под воду. По этой тех-

нологии заряжают водоустойчивые тротилсодержащие, водонаполненные ВВ (акватола, карбатол, горячельющиеся) и эмульсионные ВВ (порэмита, эмуланы, сибириты, эмульсолиты и др.).

По мере формирования заряда шланг из скважины извлекается. В качестве забойки в этом случае чаще всего используется вода, вытесненная зарядом ВВ.

При механизированном зарядании разрешается применять зарядно-транспортное оборудование, допущенное для этой цели в установленном порядке. Зарядное оборудование должно иметь дозирующие и смачивающие устройства, а также удобную и надежную систему управления процессом зарядания, обеспечивающую безопасность работ. Механизированное зарядание должно осуществляться в соответствии с правилами устройства зарядного, доставочного и смесительного оборудования, предназначенного для механизации взрывных работ, инструкциями по эксплуатации зарядного оборудования, руководствами (инструкциями) по применению соответствующих взрывчатых материалов, а также инструкциями по безопасности работ при механизированном зарядании взрывчатых веществ, разработанными организациями и согласованными с территориальными органами Ростехнадзора.

Трубопроводы (шланги) при механизированном зарядании взрывчатых веществ должны иметь удельное электрическое сопротивление материала не более  $10^4$  Ом·м, отличительные знаки (маркировку). По окончании зарядания зарядные устройства и трубопроводы необходимо очистить от остатков взрывчатых веществ.

*Технология зарядания взрывных скважин с предварительным удалением воды* является одним из путей, направленных на снижение себестоимости взрывной подготовки обводненных пород с непроточной водой (т. е. при скорости фильтрации до 1 м/сут). В этом случае можно использовать простейшие, неводоустойчивые аммиачно-селитренные ВВ с заряданием их в предварительно осушенные скважины. Осушение скважин можно проводить при помощи погруженных насосов и устройств, использующих энергию сжатого воздуха, в т. ч. эрлифиты, эжекторы, поршни.

Установка УОС-250 для удаления воды из скважин смонтирована на автомобиле ГАЗ-3308 (рис. 6.5). Погружной насос 1, закрепленный на шланге 2, опускается в обводненную скважину с помощью барабана 3. Насос включается в работу с помощью гидромото-

ра с приводом от коробки отбора мощности двигателя автомобиля. Вода, удаляемая из скважины, отводится по шлангу под борт карьера. Компания «Legra» (США) производит установку, способную откачивать воду с глубины до 200 м (табл. 6.1). Эта установка уникальна не только высокой производительностью, но и тем, что силовой агрегат насоса и барабан с навитым на него шлангом оснащены гидравлическим приводом. Гидравлическая линия расположена внутри шланга, опускаемого в скважину. Для наведения насоса на устье скважины предназначена телескопическая стрела.

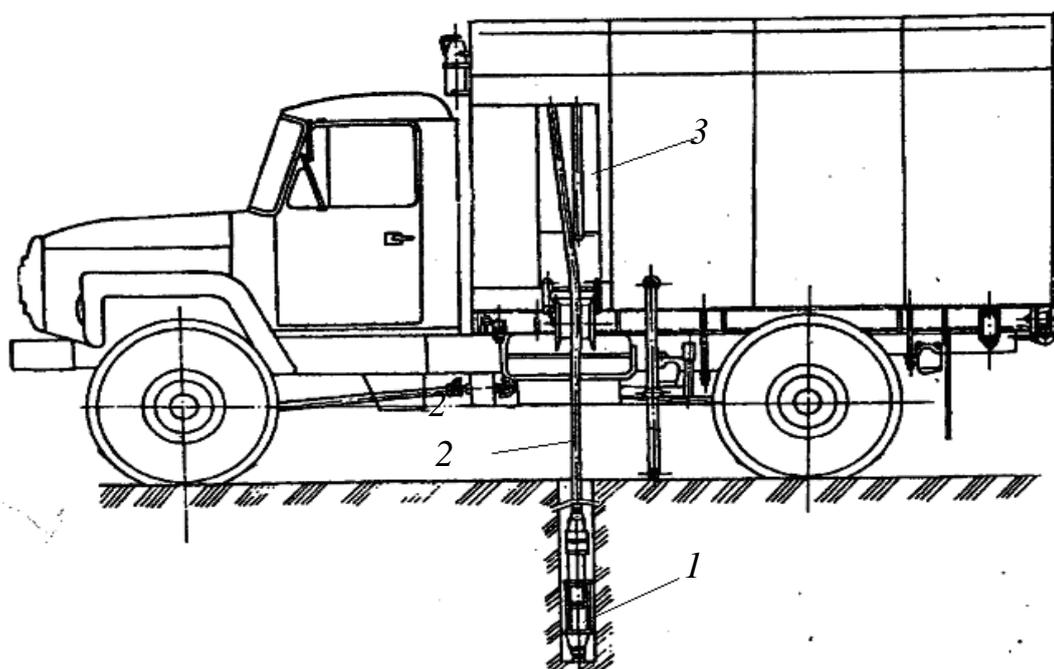


Рис. 6.5. Установка УОС-250:  
1 – погружной насос; 2 – шланг; 3 – барабан

Таблица 6.1

**Основные характеристики установки «Legra»**

Показатели	MODEL 130/140	MODEL 150
Производительность насоса, л/мин	250	300
Максимальная глубина опускания насоса, м	37	65
Диаметр насоса, мм	90	130
Диаметр шланга, мм	65	65
Тип шланга	полиэстер, армированный стальной проволокой	
Размеры рамы, мм	1150×750×1220	1450×850×1300
Вес, кг	450	750

В Кузбассе осушающие насосы «Legra», установленные на базе автомобилей УАЗ, используются для осушения взрывных скважин:

- с малой обводненностью и последующим заряданием неводоустойчивых ВВ в день взрыва;
- любой обводненности с последующим заряданием эмульсионными ВВ до статического уровня грунтовых вод или заряданием неводоустойчивого гранулированного ВВ;
- любой обводненности с последующим заряданием неводоустойчивого ВВ в герметичный полиэтиленовый рукав в день взрыва.

Общий недостаток всех погружных устройств в том, что их иногда заклинивает породой, вывалившейся из стенки скважины.

Этот недостаток конструкции осушающих установок ликвидирован в машине МО-1, разработанной в Кузнецком филиале НИИОГР. Машина МО-1 предназначена для удаления воды из взрывных скважин смесью сжатого воздуха с пенообразующим веществом. Осушающая установка смонтирована на базе автомобиля МАЗ-509А (рис. 6.6).



*Рис. 6.6. Процесс удаления воды из скважин машиной МО-1:  
1 – компрессор; 2 – шланг; 3 – водоотводящее устройство; 4 – вода*

На раме автомобиля установлены компрессорная станция 1, бак для водного раствора пенообразующего вещества, с системой подачи его в шланг 2, и водоотводящее устройство 3.

Водоотводящее устройство 3 устанавливается в устье скважины, а шланг 2 опускают до дна скважины. Через шланг 2 подается смесь сжатого воздуха с пенообразующим веществом, создающая пеновоздушный поршень, выталкивающий воду 4 из скважины.

Технология зарядки осушенных скважин состоит в том, что на блоке работают одновременно установка по удалению воды из скважин 1, машина 2 по их зарядке взрывчатым веществом и забойная машина 3 (рис. 6.7).

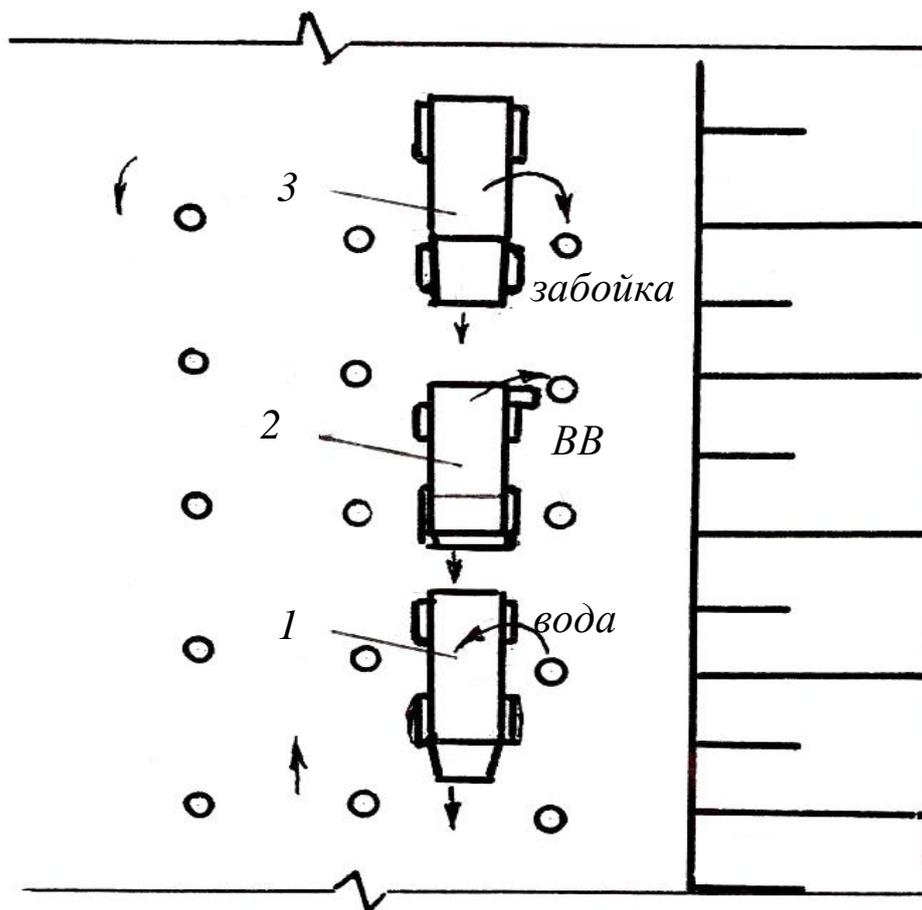


Рис. 6.7. Схема движения машин на блоке:  
1 – осушающая машина; 2 – зарядная машина; 3 – забойная машина

Технология использования низкоплотных веществ для осушения и забойки скважин, по сравнению с описанными выше, является относительно новым и перспективным направлением. Для его реализации необходимо наладить серийный выпуск соответствующих машин.

В качестве экспериментального образца на основе машины МО-1 разработана машина МОЗ-1, позволяющая собирать воду, удаляемую из скважины, в бак и использовать ее для приготовления пеногеля, которым осуществляется забойка осушенных взрывных скважин на этом же блоке.

В этом случае машина 2, например МЗ-4, проводит зарядку скважины неводоустойчивым взрывчатым веществом (игданитом, гранулитом, граммонитом 79/21 и др.).

Вслед за зарядной машиной 2 движется вторая машина 3 МОЗ-1, выполняя пеногелевую забойку скважин. При переходе с одного ряда на другой машины МОЗ-1 меняются местами, что обеспечивает непрерывный процесс пополнения бака водой, необходимой для приготовления пеногеля.

Такая технология позволяет более рационально использовать взрывчатые вещества и подземные воды, т. к. удаление воды из скважины уменьшает количество растворенных в воде аммиачно-селитренных ВВ, что в конечном итоге снижает загрязнение подземных вод.

### ***6.3. Управление качеством взрывных работ на карьерах короткозамедленным взрыванием***

Последовательное взрывание отдельных зарядов или групп зарядов относительно предыдущих с миллисекундными интервалами называется короткозамедленным (КЗВ). Короткозамедленное взрывание позволяет снизить сейсмический эффект взрыва, действие ударной воздушной волны и опасный разлет кусков породы. Обеспечивается более интенсивное и равномерное дробление породы.

Этот результат достигается за счет образования дополнительных обнаженных поверхностей в результате смещения породы зарядами предыдущих серий и кинетической энергии соударения кусков породы при взрывании зарядов смежных серий.

Выбор схем КЗВ позволяет управлять перемещением развала горной массы. Интервал замедления и последовательность взрыва зарядов зависят от задач взрыва (дробление или ее перемещение). При этом учитываются свойства пород, схема расположения зарядов и др.

При недостаточном интервале замедления порода, отбиваемая в первую очередь, не успевает переместиться до момента взрыва зарядов следующей ступени и отбойка, таким образом, производится в условиях зажима. В случае взрывания с увеличенными интервалами также резко ухудшается качество дробления и возможны массовые отказы вследствие подбоя соседних зарядов.

При использовании порядной схемы монтажа взрывной сети с детонирующим шнуром значение интервала замедления между сериями ориентировочно можно определить по формуле

$$t_{\text{мр}} = AW_{\text{спп}}, \quad (6.1)$$

где  $A$  – эмпирический коэффициент, зависящий от крепости пород (для легковзрываемых пород  $A = 6$ ; для пород средней взрываемости  $A = 5$ ; для трудновзрываемых пород  $A = 3$ ), мс/м;  $W_{\text{спп}}$  – линия сопротивления по подошве (при наклонных скважинах  $W_{\text{спп}}$  принимается равной расстоянию между рядами), м.

При использовании для монтажа поверхностной взрывной сети ударно-волновые трубки СИНВ, Искра, Эдилин, Коршун, Эксэл, Нонель и др., как правило, учитывают условие, когда интервал замедления между иницированием зарядов смежных рядов должен превышать время замедления взрывов зарядов смежных скважин в ряду (за ряд принимаются скважины, располагающиеся вдоль блока). Выполнение этого условия позволяет обеспечить одинаковую форму открытой поверхности для каждого из скважинных зарядов последующих рядов, т. е.

$$t_{\text{мр}} > t_{\text{р}}, \quad (6.2)$$

где  $t_{\text{мр}}$  – интервал замедления между рядами зарядов, мс;  $t_{\text{р}}$  – интервал замедления между смежными зарядами в рядах, мс.

Главное требование к параметру  $t_{\text{р}}$ , определяющему интенсивность дробления, – это обеспечение развития во взрывае­мом массиве трещин. Интервал замедления, необходимый для образова-

ния трещин, определяется с учетом скорости развития трещин и принимается из условия  $C_{тр} \approx 0,2C$ , тогда

$$t_p = 20W / C, \quad (6.3)$$

где  $C$  – скорость продольной волны в массиве, м/с;  $W$  – линия наименьшего сопротивления (кратчайшее расстояние от середины заряда до открытой поверхности), м.

На рис. 6.8 приведены значения интервалов замедлений между рядами скважин  $t_p$ , рассчитанные по зависимости (6.3). Смысл параметра  $t_{мр}$  состоит в обеспечении интервала замедления, позволяющего создать к моменту взрыва очередного заряда компенсационное пространство, уменьшающее зажим отбиваемой породы.

Величина  $t_{мр}$  определяется из условия наименьшего зажима слоев породы, отделяемых от массива взрывами зарядов последующих рядов. Такие условия выполняются, когда слой породы, отбиваемый зарядом, перемещается приблизительно на 1/30 его толщины к моменту начала детонации следующего заряда.

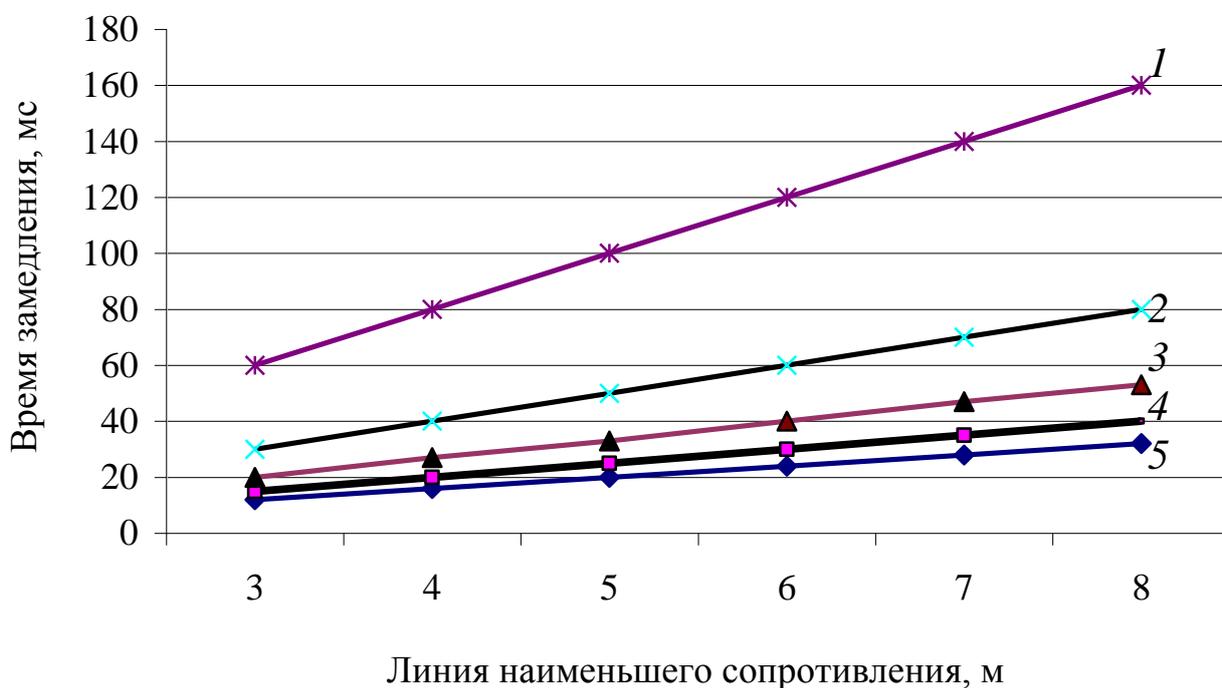


Рис. 6.8. Расчетные значения интервала замедления между скважинами в ряду при скорости продольной волны в массиве:  
1 – 1000 м/с; 2 – 2000 м/с; 3 – 3000 м/с; 4 – 4000 м/с; 5 – 5000 м/с

Время замедления между рядами может изменяться от 10 мс/м в твердой породе до 30 мс/м в мягкой породе (табл. 6.2).

**Расчетные значения интервалов замедления между рядами**

Линия наименьшего сопротивления $W_{\phi}$ , м	3	4	5	6	7	8
Интервал замедления между рядами зарядов $t_{\text{мр}}$ , мс	30–90	40–120	50–150	60–180	70–210	80–240

При диагональной схеме инициирования фактическая линия сопротивления определяется:

$$W_{\phi} = a \cdot \sin \alpha, \quad (6.4)$$

где  $a$  – расстояние между скважинами в ряду, м;  $\alpha$  – угол между линией диагонали взрывааемых скважин и линией откоса уступа, град.

Рациональные интервалы замедления  $t_p$  и  $t_{\text{мр}}$  при монтаже схемы короткозамедленного взрывания корректируются с учетом номиналов замедлений пиротехнических реле и капсулей-детонаторов, установленных в СИНВ-П, Искра-П и др., выпускаемых промышленностью. Следует отметить, что интервалы замедлений корректируются также в процессе проведения опытных взрывов, в результате которых удается получить наилучшее качество дробления горной массы.

**Рекомендуемая литература по разделу [1, 2, 5, 9, 15]**

**Контрольные вопросы**

1. Какие существуют способы заряжания обводненных взрывных скважин?
2. В чем сущность заряжания ВВ через воду?
3. Какие отличия технологии заряжания под воду от заряжания через столб воды?
4. В каких скважинах рекомендуется предварительное осушение перед их заряжением?
5. Какие существуют способы осушения взрывных скважин?
6. Какими параметрами развала позволяют управлять схемы короткозамедленного взрывания?

## ***7. Системы инициирования зарядов ВВ***

Система инициирования (СИН) зарядов ВВ состоит из источника инициирующего импульса, проводника импульса, средства инициирования (СИ), преобразующего инициирующий импульс в детонационную волну. Различают неэлектрические и электрические СИН.

Неэлектрические системы инициирования (НСИ) в качестве средства инициирования, преобразующего начальный импульс в детонационную волну включают: огнепроводный шнур (ОШ), детонирующий шнур (ДШ), низкоэнергетические устройства на основе ударно-волновых трубок (УВТ) СИНВ, Искра, Эдилин, Коршун, Нонель, Праймадет, Эксэл и др.

Электрические СИН состоят из электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного или замедленного действия нормальной или пониженной чувствительности к току, взрывных приборов (источников тока) и соединяющих их проводов. Разновидностями электрических СИН являются электронные и системы с радиоуправлением «Друза» или «Гром». Возможно комбинированное использование элементов электрических и неэлектрических СИН.

### ***7.1. Технология и безопасность огневого и электроогневого инициирования зарядов***

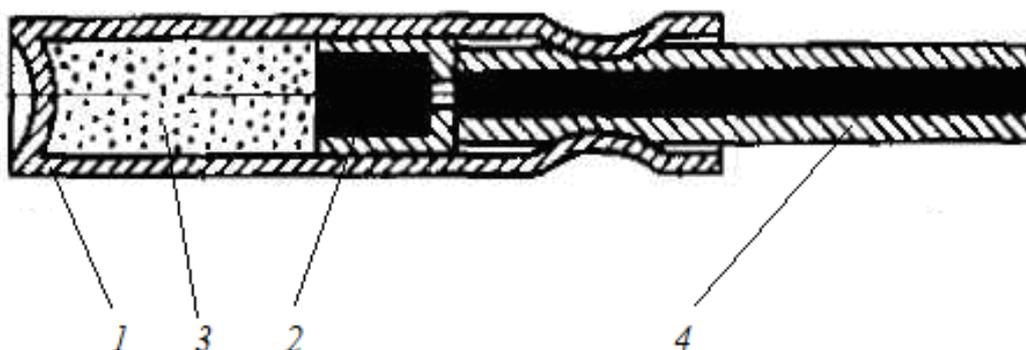
#### ***7.1.1. Подготовка средств инициирования ВВ***

Подготовка средств инициирования заключается во внешнем осмотре. В случае выявления внешних дефектов – их отбраковке.

Огнепроводный шнур предназначен для передачи луча огня от средства поджигания до капсуля-детонатора. ОШ представляет собой шнур с прессованной из дымного пороха сердцевиной диаметром до 2 мм, помещенную в защитную оплетку. В зависимости от материала внешней оболочки различают шнуры марок ОША, ОШП, ОШЭ. Шнур марки ОША имеет внешний слой из мастики асфальтита. В шнурах ОШП и ОШЭ внешняя оболочка состоит из пластиковой массы.

Для огневого инициирования зарядов ВВ вначале необходимо изготовить зажигательные и контрольные трубки. Зажигательная

и контрольная трубки состоят из КД, в дульце которого закрепляется отрезок ОШ (рис. 7.1). Для изготовления таких трубок применяют отрезки ОШ не короче 1 м и не длиннее 10 м. Контрольная трубка отличается тем, что в ней используется КД с бумажной гильзой, а длина ОШ на 60 см короче, чем в зажигательной.



*Рис. 7.1. Зажигательная трубка:*

*1 – гильза КД; 2 – первичное ВВ; 3 – вторичное ВВ; 4 – огнепроводный шнур*

Операции по изготовлению трубок должны выполняться в специальном помещении, на столах, имеющих бортики и обитых брезентом на мягкой прокладке или резиной толщиной не менее 3 мм.

Запрещается производить эту работу в помещениях для выдачи ВМ, в жилых помещениях и на месте производства ВР. При изготовлении трубок на столе у каждого взрывника должно находиться не более 100 КД и соответствующее количество ОШ. Приготовленные зажигательные трубки должны сортироваться по длине и сворачиваться в бухту, а контрольные – связываться в пачки шпагатом.

Резать ОШ разрешается острым ножом. Допускается одновременно резка нескольких ниток ОШ, сложенных в пучок. При резке ОШ на столе не должны находиться КД, а при изготовлении зажигательных трубок – режущие инструменты.

Перед резанием бухты ОШ на отрезки для изготовления трубок с обоих концов ОШ должно быть отрезано по 50 мм.

Участки ОШ, где замечены утолщения или уплотнения, нарушения целостности оболочки, смятия и другие наружные дефекты, должны вырезаться.

Один срез ОШ для введения в КД должен быть перпендикулярен своей оси, а другой (для удобства зажигания) – косым.

ОШ должен вводиться в КД до соприкосновения с чашечкой КД прямым движением без вращения.

Закрепление ОШ в КД с бумажными гильзами разрешается затягиванием ниткой или шпагатом дульца вокруг ОШ.

При металлических гильзах КД дульце обжимается специальным обжимом.

При ведении взрывных работ в обводненных условиях место соединения КД с ОШ изолируется специальной мастикой.

На этом подготовка зажигательных и контрольных трубок заканчивается.

### ***7.1.2. Патрон-боевик***

При огневом инициировании зарядов ВВ и инициировании при помощи ДШ патрон-боевик представляет собой патрон или шашку, в которую на всю длину вставлен КД зажигательной трубки или патрон обвязан ДШ. На ОГР для изготовления патрона-боевика в скважинных зарядах из промышленных ВВ применяют промежуточные детонаторы марок ГТП-500 (тротило-гексогеновые прессованные), Т-400Г (тротиловые прессованные гидроизолированные), Т-900Г (тротиловые прессованные), ТП-200 и ТП-400 (прессованные) и др. В качестве промежуточных детонаторов также применяют патронированные ВВ (аммонит бЖВ, эмульсолит П, сибирит П, ДЭМ и др.). В качестве промежуточного детонатора при взрывании с помощью НСИ с УВТ используются разработанные специально для этих систем шашки ДПУ-ПТ600, ДПУ-ПТ1000 (поротоловые), ТГФ-850Э (тротило-гексогеновые литые) и др., имеющие гнездо для размещения детонатора.

Изготавливают патроны-боевики на месте производства ВР на расстоянии 50 м от места зарядания. При зарядании на карьерах шпуров и скважин порошкообразным аммонитом бЖВ патроны-боевики можно не изготавливать, а зажигательную трубку вводить непосредственно в заряд, полностью погружая в него КД зажигательной трубки. При производстве ВР в обводненных условиях места ввода зажигательных трубок в патроны-боевики покрывают гидроизоляцией. При изготовлении патронов-боевиков из прессованных или литых шашек КД вставляют в специальные гнезда (рис. 7.2).

При инициировании зарядов ВВ первой поджигают контрольную трубку, а затем зажигательную. Скорость горения ОШ составляет 0,01 м/с, поэтому сгорание контрольной трубки позволяет установить минутную готовность взрыва. В этот момент взрывники должны быть в безопасном месте.

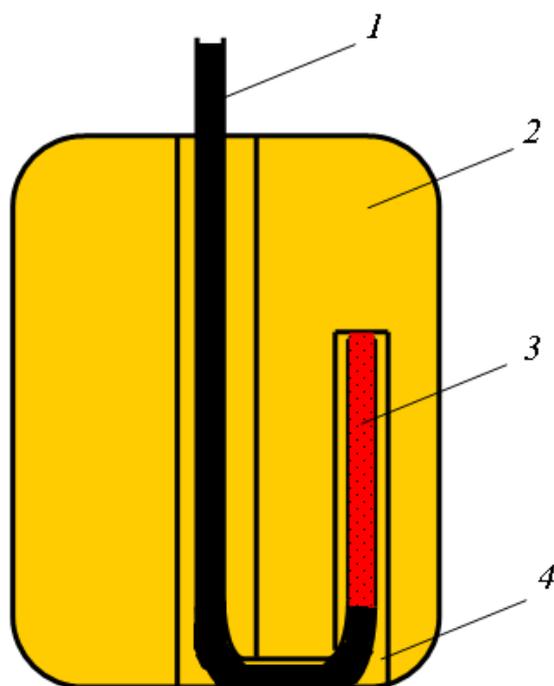


Рис. 7.2. Шапка ТГФ-850Э:

1 – огнепроводный шнур; 2 – корпус шапки; 3 – капсуль-детонатор;  
4 – гнездо под капсуль-детонатор

Спичкой разрешается зажигать ОШ только при взрывании одиночного заряда. При огневом инициировании нескольких зарядов разрешается поджигать концы ОШ тлеющим фитилем, отрезком ОШ с надрезами и специальными зажигательными патронами.

Зажигательный *тлеющий фитиль* состоит из пропитанной раствором калиевой селитры сердцевины пучка хлопчатобумажных и льняных нитей диаметром 6–8 мм, заключенной в хлопчатобумажную оболочку. Тлеет фитиль со скоростью 10 мм/мин. При зажигании *отрезком ОШ* в нем делают надрезы до сердцевины, из которых при горении вылетают искры, хорошо поджигающие ОШ. Число надрезов должно быть равно числу поджигаемых ОШ.

*Зажигательные патроны* применяются для группового одновременного зажигания нескольких зажигательных трубок. С помощью одного патрона типа ЗП-Б-2, ЗП-Б-3, ЗП-Б-4, ЗП-Б-5 можно

зажечь соответственно до 12, 19, 27 и 37 концов ОШ. Патрон ЗП-Б (рис. 7.3) представляет собой бумажный стаканчик, на дне которого находится пороховой воспламеняющийся состав.

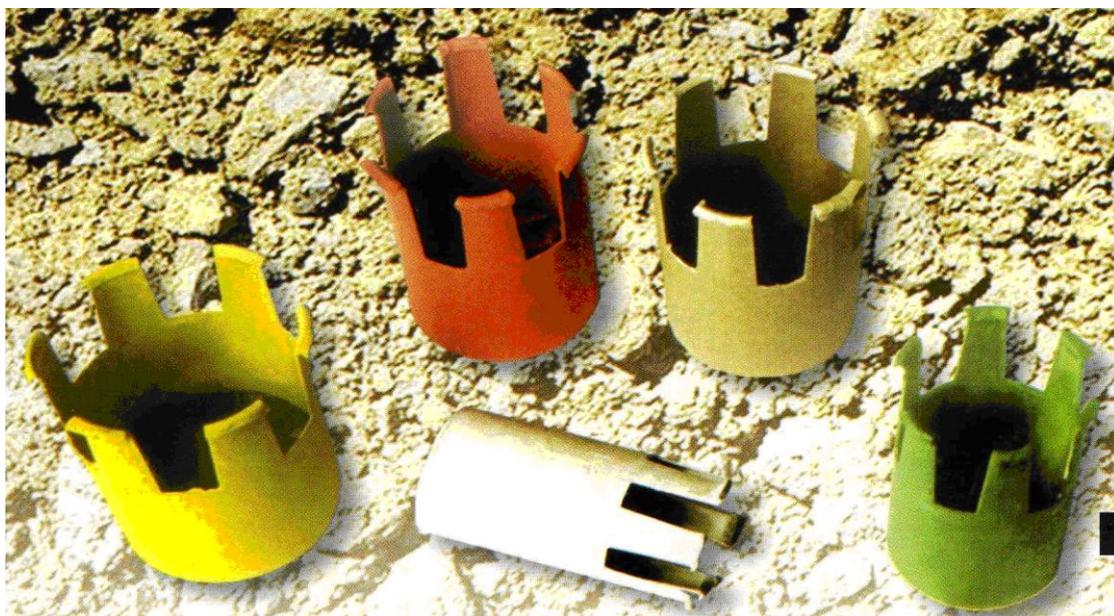


Рис. 7.3. Патрон зажигательный ЗП-Б

Собранные в пучок ОШ помещают в стаканчик вплотную к пороховой лепешке и закрепляют шпагатом. Одновременно в патрон вводится короткий (0,15–0,3 м) отрезок ОШ, который зажигают. Он в свою очередь воспламеняет пороховую лепешку и все ОШ, помещенные в стаканчик.

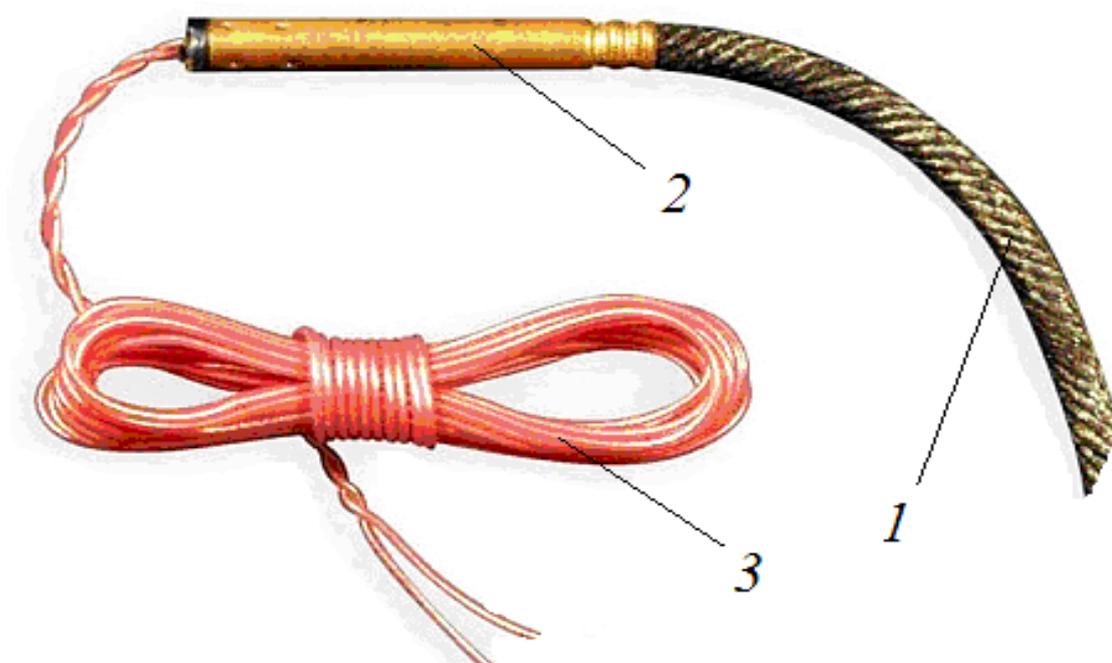
Огневое инициирование запрещено в тех случаях, когда своевременный отход взрывников в укрытие затруднен. В этом случае применяют *электроогневое* инициирование, при котором воспламенение ОШ производят из безопасного места подачей тока в *электрозажигатель* ЭЗ-ОШ-Б или ЭЗ-ОШ-М (рис. 7.4), закрепленный на конце ОШ 1. ЭЗ-ОШ состоят соответственно из бумажной или биметаллической гильзы 2 с зажигательным составом и помещенным в него электровоспламенителем с проводами 3.

Для срабатывания ЭЗ-ОШ применяются источники тока или взрывные машинки.

Таким образом, для выполнения огневого инициирования зарядов ВВ необходимо:

- изготовить зажигательные и контрольные трубки;
- изготовить патроны-боевики;

- доставить ВМ к месту взрыва;
- выставить посты охраны в соответствии с паспортом БВР;
- подать предупредительный сигнал;
- произвести зарядание и забойку шпуров или скважин;
- подать боевой сигнал, зажечь контрольную и зажигательную трубки, уйти в безопасное место, указанное в паспорте БВР;
- вести счет взрываемым зарядам;
- провести осмотр места взрыва;
- подать сигнал «Отбой».



*Рис. 7.4. Электрозажигатель ЭЗ-ОШ:  
1 – ОШ; 2 – гильза с зажигательным составом; 3 – провода  
электровоспламенителя*

*Достоинства* огневого инициирования: простота выполнения ВР и низкая их себестоимость.

*Недостатки:*

- повышенная опасность, т. к. взрывник в момент поджигания огнепроводных шнуров находится у зарядов ВВ;
- невозможность получения точных интервалов между взрывами;
- невозможность контроля исправности систем инициирования.

## 7.2. Технология и безопасность инициирования зарядов при помощи детонирующего шнура

Инициирование с помощью *детонирующего шнура* в течение нескольких десятилетий второй половины XX столетия было практически единственным способом короткозамедленного взрывания при скважинной отбойке горных пород.

Сердцевину ДШ изготавливают из ТЭНа с направляющими нитями или без них и покрывают оплетками из льняных и хлопчатобумажных ниток (рис. 7.5). Для того чтобы отличить ДША по внешнему виду, в белые нитки его наружной оплетки добавляют две красные. ДШ устойчиво детонирует от КД или ЭД при температуре от +55 до -35 °С.

Выпускается ДША в бухтах длиной 50 м. ДШВ отличается от ДША тем, что он покрывается полихлорвиниловой оболочкой.

Шнур марки ДШЭ (экструзивный способ получения полиэтиленовой оболочки) отличается от ранее названных шнуров оболочкой, сделанной из полиэтилена, армированного капроновыми нитями. Надежность ДШЭ по водостойкости и безопасности в несколько раз выше, чем ДША.

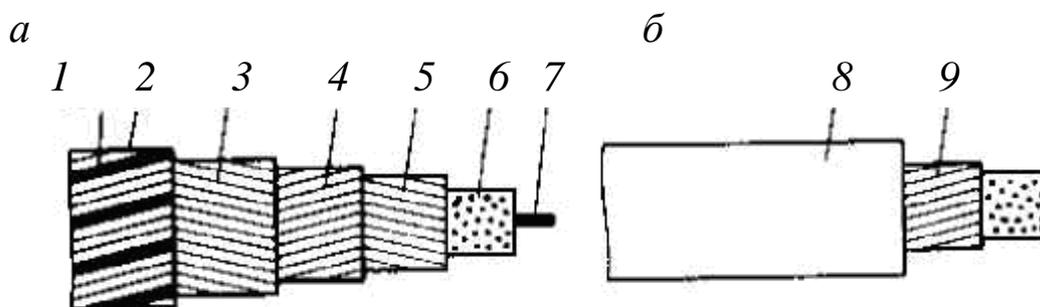


Рис. 7.5. Детонирующий шнур:

*а* – состав ДША; *б* – состав ДШВ или ДШЭ; 1, 2 – наружная обмотка; 3, 4, 5 – оплетки из льняных и хлопчатобумажных нитей; 6 – сердцевина из ТЭНа; 7 – направляющая нить; 8 – полиэтиленовая оболочка; 9 – оплетка

Для инициирования скважинных зарядов ВВ с помощью детонирующего шнура марок ДША, ДШВ, ДШЭ необходимы: ОШ, КД, пиротехнические реле (РП) и средства зажигания ОШ. Некоторые марки ДШ имеют в маркировке цифры, которые означают массу навески ТЭНа в граммах в 1 м шнура (табл. 7.1).

**Характеристики некоторых детонирующих шнуров**

Показатели	Марка детонирующего шнура				
	ДША	ДШВ	ДШЭ-12	ДШМ-Э	ДШН-8
Масса сердцевины, г/м	12–13	13–14	11–12,5	5,5–7,0	7,5–8,5
Скорость детонации, м/с	6500	6500	6200	6000	6200
Наружный диаметр, мм	4,6–5,8	5,5–6,1	4,5–5,5	3,7–4,7	4,0–5,0
Материал наружной оболочки	мастика	поли-хлорвинил	поли-этилен	поли-этилен	поли-хлорвинил
Цвет оболочки	коричневый	красный	оранжевый	желтый	желтый

*Пиротехнические реле (РП)* применяются для создания требуемых замедлений между зарядами при их инициировании ДШ (рис. 7.6). «Перечнем ...» [14] разрешены к применению РП-Н, РП-Д, РПЭ-2 (Н, Д, Э-2 – индексы конструкции РП).

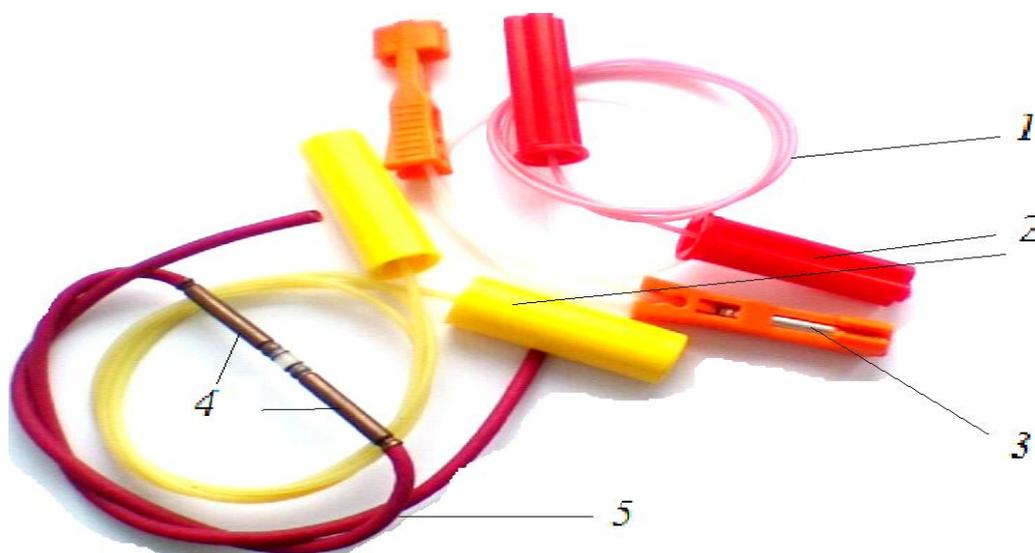


Рис. 7.6. Пиротехнические реле РП-Д, РПЭ-2, РП-Н:  
1 – УВТ; 2 – монтажные блоки; 3 – минидетонатор; 4 – КД; 5 – ДШ

Реле пиротехническое РП-Д состоит из отрезка волновода 1, на котором закреплены капсулы-детонаторы 3 с замедляющим составом. Для соединения с детонирующим шнуром на капсуль-детонаторах предусмотрены монтажные элементы 2. Они выполне-

ны в виде пластмассового корпуса с отверстиями. Два отверстия большого диаметра для присоединения детонирующего шнура нормальной мощности типа ДШВ и два отверстия малого диаметра для присоединения детонирующего шнура малой мощности типа ДШМ-Э. Реле пиротехнические РП-Д повышенной стойкости к механическим воздействиям предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на земной поверхности, а также в шахтах, не опасных по газу или пыли.

В зависимости от времени замедления РП-Д отличаются цветом соединителя: РП-Д-20 – красновато-оранжевый, РП-Д-30 – желтый, РП-Д-45 – красный, РП-Д-60 – синий, РП-Д-80 – зеленый, РП-Д-100 – коричневый. Гильзы детонаторов РП-Д выполнены из алюминия или его сплавов.

По аналогии с РП-Д выполнены РПЭ-2, отличающиеся тем, что имеют десять серий замедления: РПЭ-17 – зеленый, РПЭ-25 – желтый, РПЭ-42 – оранжевый, РПЭ-55 – красный, РПЭ-67 – синий, РПЭ-109 – коричневый, РПЭ-125 – фиолетовый, РПЭ-150 – черный, РПЭ-176 – голубой, РПЭ-200 – серый.

Пиротехническое реле РП-Н двухстороннего действия состоит из двух капсулей-детонаторов 4 с замедлением 20, 35 и 50 мс, соединенных между собой пластмассовой втулкой. Идентификация серий замедления осуществляется по цвету гильзы КД: для 20 мс – красный, 35 мс – белый, 50 мс – черный. В гильзах КД с противоположных сторон закреплены отрезки детонирующего шнура 5.

*Штатные СИ (шашки)* имеют форму цилиндра или параллелепипеда с осевым отверстием от 7,5 до 14,4 мм. Диаметр этого отверстия рассчитан на пропуск через него до 4 ниток ДШ. Число ниток, необходимое для инициирования шашки, указывается в ее характеристике. Изготовление боевика заключается в пропуске в осевое отверстие одной или нескольких шашек заданного числа ниток ДШ и завязке их определенными узлами (рис. 7.7).

Число шашек промежуточного детонатора зависит от типа взрываемого ВВ, характеристики шашки и схемы взрывания. Так для инициирования зарядов граммонитов, гранулитов и алюмотола ПД состоит из двух шашек типа ТП-400, размещаемых на уровне подошвы уступа. При длине заряда более 12 м рекомендуется устанавливать второй боевик из одной шашки типа ТП-400 в верхней

части заряда. Для водосодержащих суспензионных и эмульсионных ВВ рекомендуется устанавливать в нижнюю часть заряда ПД из трех шашек ТП-400, а в верхнюю часть заряда – из двух шашек.

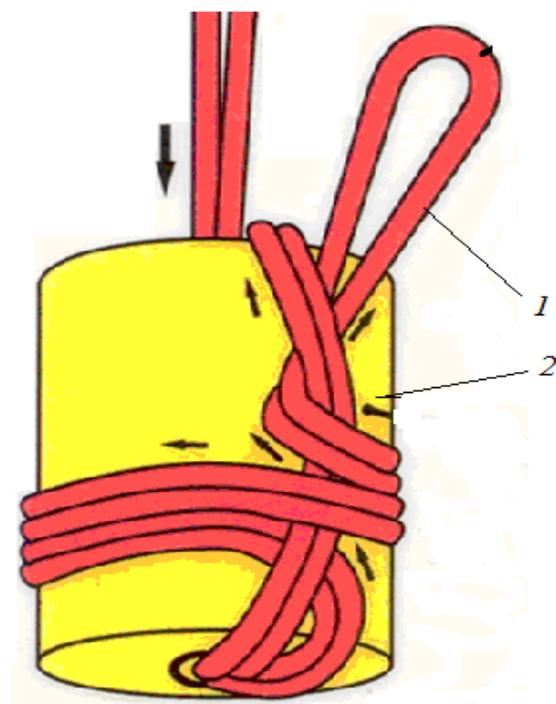


Рис. 7.7. Патрон-боевик: 1 – ДШ; 2 – шашка

Секционные нити ДШ до соединения с ДШ от ПД следует располагать на расстоянии более 1 м от устья скважин с противоположной стороны от ДШ с ПД, что гарантирует сохранность скважинных ДШ и заряда ВВ в скважине от случайного взрыва секционных и магистральных ДШ.

При монтаже поверхностной сети конец скважинного ДШ следует перекладывать на противоположную сторону от устья скважины и затем подсоединять с секционному ДШ. Отрезки ДШ соединяют между собой внакладку или внакрутку по длине не менее 100 мм.

Шнуры скрепляют изоляционной лентой, тесьмой или шпагатом, плотно накладывая несколько слоев один на другой. Целесообразно также их связывать между собой морским узлом или петлей. Такие соединения считаются наиболее надежными. В настоящее время для монтажа сети из ДШ разработаны простые отечественные полиэтиленовые соединители ДШ.

При монтаже сети нельзя допускать витков и скруток ДШ. При пересечении ДШ они должны быть разделены грунтом или деревянной прокладкой толщиной не менее 100 мм. Угол между ответвлением ДШ и магистралью не должен быть более 90°. При установке пиротехнических реле в разрывы магистралей ДШ должны ввязываться отрезки шпагата в качестве несущих элементов, исключающих выдергивание концов ДШ из корпусов РП.

При завершении монтажа взрывной сети необходимо присоединить зажигательную трубку к началу магистрального ДШ.

Таким образом, для инициирования зарядов ВВ с помощью ДШ необходимо выполнить операции в следующем порядке:

- измерить глубину скважины;
- отрезать от бухты ДШ необходимой длины отрезок ДШ для изготовления патрона-боевика;
- изготовить ПД;
- опустить ПД в скважину;
- зарядить скважину ВВ;
- замерить длину забойки;
- выполнить забойку скважин;
- разложить магистральные и секционные линии ДШ и соединить их между собой;
- установить реле пиротехнические (РП);
- собрать и погрузить тару из-под ВМ;
- выставить охрану опасной зоны;
- подать предупредительный сигнал;
- соединить концы ДШ, выходящих из скважин к секционными линиями ДШ;
- подготовить и установить зажигательную трубку;
- подать боевой сигнал, зажечь контрольную трубку и зажигательную трубку, уйти в безопасное место, указанное в паспорте БВР;
- провести осмотр места взрыва;
- подать сигнал «Отбой».

*Достоинство* взрывания с помощью ДШ: простота заряджания.

*Недостатки:* отсутствие приборного контроля исправности сети перед взрывом и высокая стоимость ДШ.

### ***7.3. Технология и безопасность инициирования зарядов неэлектрическими системами инициирования с низкоэнергетическими проводниками импульсов***

Неэлектрические системы инициирования основаны на передаче ударной волны по трубчатому пластиковому высокопрочному волноводу с напылением на внутренней его поверхности тончайшего слоя ВВ (типа ТЭНа или октогена) с добавками тонкодисперсного алюминия. Неэлектрические системы инициирования (НСИ) Нонель, Праймадет, Эксэл и др. широко применяются с конца 60-х годов прошлого столетия в США, Швеции, Китае и в других странах.

В России по аналогии с названными НСИ были разработаны и широко применяются в настоящее время НСИ с передачей импульса по ударно-волновой трубке (УВТ), например СИНВ, Искра, Эдилин, Коршун и др. Эти НСИ имеют конструктивные отличия отдельных элементов, но принцип действия их одинаков.

НСИ с УВТ состоит из двух устройств, одно из которых используется для изготовления боевика при формировании скважинного или шпурового заряда, другое – для монтажа поверхностной взрывной сети. УВТ изготавливается из многослойной пластмассы с наружным диаметром 3,5–4,0 мм, а внутренним – около 1 мм. На внутренней поверхности УВТ нанесено ВВ. Навеска ВВ на 1 м волновода составляет около 20 мг. Ударная волна проходит по УВТ со скоростью около 2000 м/с. Волновод запаян с одной стороны, а на другом конце УВТ вмонтирован капсуль-детонатор с замедлением, который не содержит инициирующих ВВ. Это обстоятельство обеспечивает его высокую устойчивость к механическим воздействиям, воздействию постоянного и переменного тока и статического электричества. Для скважинных устройств СИНВ-С применяют УВТ зеленого цвета, а для шпуровых устройств СИНВ-Ш – желтого.

Капслюль-детонатор УВТ, предназначенной для монтажа поверхностной сети, закреплен в монтажном блоке, имеющем отверстия для подсоединения до 8 шт. скважинных и поверхностных УВТ. Цвет УВТ для монтажа поверхностной сети – красный, а цвет монтажного блока соответствует времени замедления СИМП-П: неокрашенный – 0 мс, оранжевый – 20 мс, желтый – 25 мс, крас-

ный – 45 мс, белый – 60 мс, зеленый – 80 мс, коричневый – 100 мс, серый – 150 мс, синий – 200 мс.

Инициирование ударной волны в стартовом волноводе производится с помощью пускового устройства УПЭ-1,5/Х или ИВ-2АМ, ЭД, КД или петель ДШ с зажигательной трубкой. Когда ударная волна достигает капсуля-детонатора, он взрывается и, в свою очередь, инициирует напыление из высокобризантного ВВ в волноводах, идущих к промежуточному детонатору скважинного заряда и следующему монтажному блоку. По аналогии с СИНВ выполнены устройства Искра и Эдилин. Искра-П отличается от СИНВ-П формой и цветом монтажных блоков (рис. 7.8).



*Рис. 7.8. Система инициирования Искра:  
1 – волноводы; 2 – капсуль-детонатор Искра-С;  
3 – монтажный блок Искра-П*

Монтажный блок детонатора Искра-П в зависимости от времени замедления имеет соответствующий цвет: белый – 0 мс, зеленый – 17 мс, желтый – 25 мс, красный – 42 мс, синий – 67 мс, коричневый – 109 мс, серый – 176 мс.

Устройства Эдилин с детонаторами ДБИ1, ДБИ2 и ДБИ3 выпускаются по заявке потребителя с волноводом длиной от 2 м и более с интервалом длины в 1 м. Эдилин имеет некоторые особенности при монтаже взрывной сети.

При изготовлении боевиков и монтаже поверхностной сети длину волноводов можно увеличить до необходимой. Для этого с бухты сматывается отрезок волновода и при помощи соединителя волноводов «В – В» он скрепляется с волноводом детонатора ДБИ1, ДБИ2 или ДБИ3. Диаметр трубки волновода составляет 4 мм. Скорость передачи инициирующего импульса по волноводу 1800 м/с.

Волновод детонатора скважинного ДБИ1 с замедлением 475 мс имеет красный цвет и желтый, если замедление составляет 500 мс. Волновод поверхностного детонатора ДБИ2 – голубой. Цвет монтажного блока детонатора ДБИ2 меняется в зависимости от времени замедления: белый – 0, желтый – 25, оранжевый – 40, красный – 55, синий – 70 мс.

Усовершенствованная НСИ Эдилин получила название Коршун. Она включает детонаторы ДИН-Н, ДИН-С и ДИН-Ш, аналогичные соответственно по назначению ДБИ1, ДБИ2 и ДБИ3.

Принципиальная особенность СИН с УТВ по сравнению с ДШ состоит в том, что на первом этапе инициирования срабатывает поверхностная взрывная сеть, включающая волноводы и поверхностные монтажные блоки. При этом разрушению подвергаются только монтажные блоки и то лишь частично, в связи с чем практически исключается повреждение элементов поверхностной сети.

Рекомендуемое время замедления капсулей-детонаторов скважинных СИНВ-С в зависимости от поверхностных замедлений СИНВ-П приведено в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Рекомендуемое время внутрискважинного замедления**

Время замедления между рядами скважин, мс	Время замедления между скважинами в ряду, мс					
	20	30	45	60	80	100–200
20	100–125					
30	150–175	150–175				
45	200–250	200–250	200–250			
60	300–350	300–350	350–400	350–400		
80	400–450	400–450	450–500	450–500	450–500	
100–200	450–500	450–500	450–500	450–500	450–500	450–500

Внутрискважинное замедление выбирается в зависимости от расчетной величины поверхностного замедления. Импульс от взрыва капсулей-детонаторов монтажных блоков направляется по волноводам к скважинным капсулям-детонаторам, которые обеспечивают задержку детонации на период от 100 до 500 мс.

При использовании НСИ Искра выбираются ближайшие значения времени замедления, приведенные в табл. 7.2. В качестве примера приведена схема монтажа взрывной сети Искра (рис. 7.9).

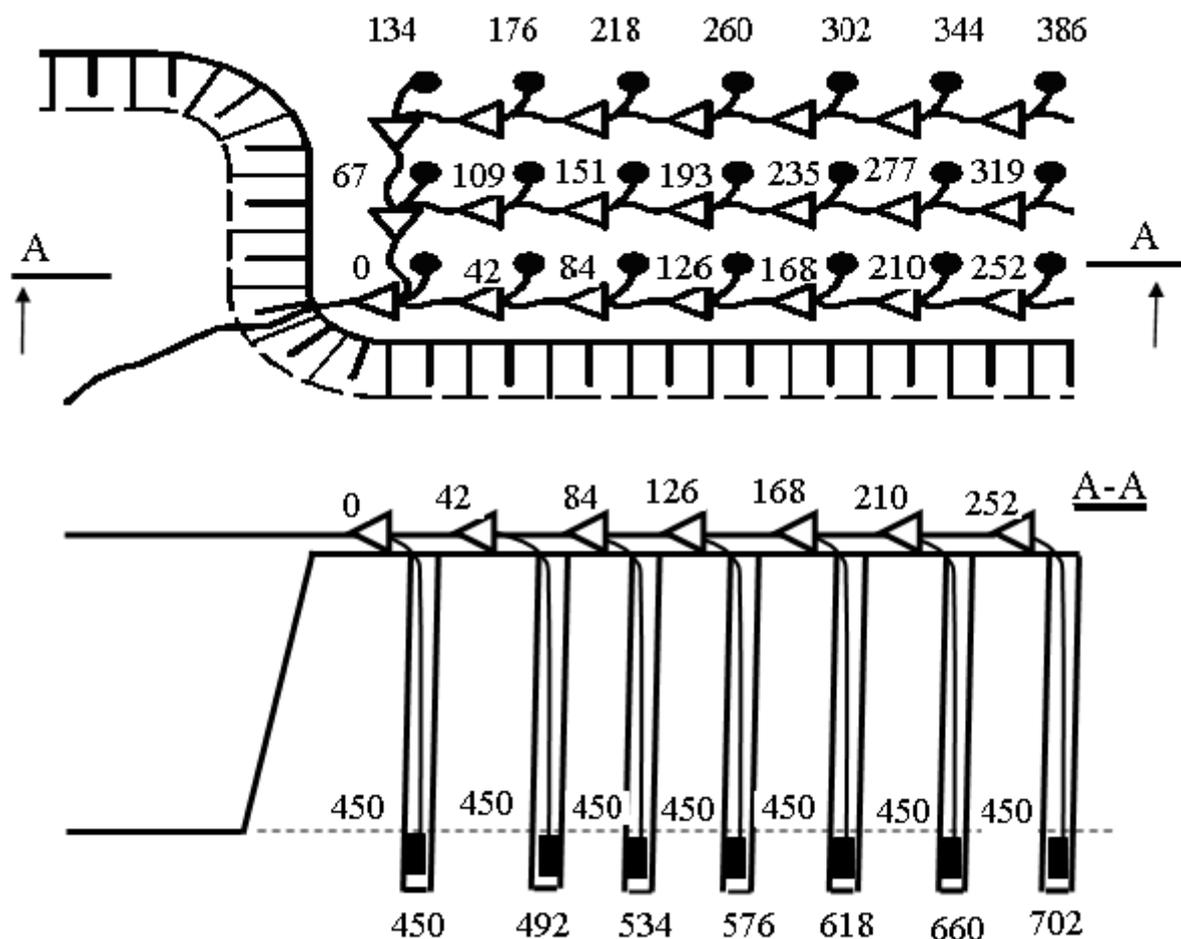


Рис. 7.9. Схема монтажа взрывной сети с учетом времени замедления поверхностных монтажных блоков и скважинных детонаторов

Замедление Искра-П между рядами 67 мс и 42 мс между скважинами в ряду. Согласно табл. 7.2 рекомендуемое внутрискважинное замедление Искра-С составит 450 мс. Скважина первого ряда взорвется через 450 мс после подачи в сеть инициирующего импульса. К этому моменту сработают все капсуль-детонаторы монтажных блоков поверхностной сети. Таким образом, скважинные заряды начнут взрываться на втором этапе инициирования, после

того как поверхностная сеть на большей части взрываемого блока полностью выполнит свою функцию, т. е. передаст импульс скважинным капсулям-детонаторам. Взрыв скважинных капсулей-детонаторов должен произойти через установленное в них замедление с учетом замедлений поверхностной сети.

Системы НСИ с УВТ используются в полном комплекте или частично. Поверхностная сеть может монтироваться из ДШ с пиротехническими реле, а в скважины можно установить ударно-волновые трубки.

Для подачи инициирующего импульса во взрывную сеть, состоящую из УВТ, используются механические, электрические и электронные пусковые устройства.

*Устройство стартовое УС-2* механического действия предназначено для инициирования волноводов с наружным диаметром от 3,0 до 4,25 мм на земной поверхности и в подземных условиях, не опасных по газу и (или) пыли, при температуре окружающей среды от  $-50$  до  $+65$  °С. Масса устройства стартового составляет 0,44 кг.

Устройство УС-2 (рис. 7.10) состоит из корпуса 1, в котором находится подпружиненный боек 2, ручки бойка 6, курка 13, шомпола 17, ножа для обрезки волновода 19, закрепленного на рычаге 18.

Боек 2 взводится в боевое положение с помощью ручки 6 и фиксируется собачкой бойка 13 и собачкой стопорной 10. Казенник 3 откидывается на оси 7 и фиксируется в рабочем положении с помощью собачки казенника 4. В гнездо казенника вставляется капсуль-воспламенитель («жевело», КВ-22 или КВ-24). Нож 19 для обрезки волновода приводится в движение нажатием на рычаг 18 и фиксируется в нерабочем положении фиксатором 16. Волновод вводится в дульце казенника 3, при этом подпружиненные шарики 12 обжимают поверхность волновода.

Для спуска бойка необходимо отвести собачку стопорную 10 и нажать на курок 13. Импульс от капсуля передается на напыление из ВВ в ударно-волновой трубке.

Пусковое электрическое устройство ИВ-2АМ (рис. 7.11) и электронное устройство УПЭ-1,5/ХВ (рис. 7.12) являются более современными конструкциями и используются в качестве источника, инициирующего взрывной импульс.

При использовании пусковых устройств в разрядник 2 вводится и закрепляется фиксатором конец УВТ. Нажимается кнопка 4 – «Заряд». После того как загорится индикатор 3 – «Готов», нажимают повторно кнопку 4 – «Заряд» (УПЭ-1,5/Х) или кнопку 5 (ИВ-2АМ) – «Взрыв».

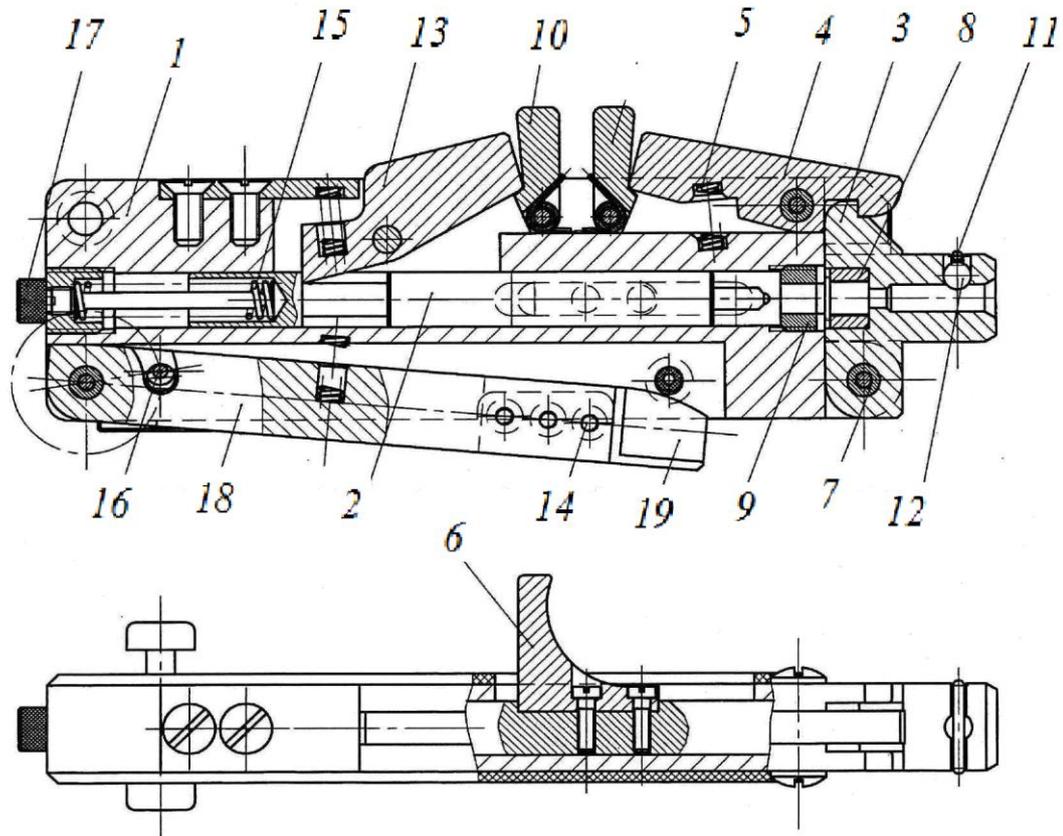


Рис. 7.10. Устройство стартовое УС-2 (пояснения в тексте)

Разряд тока формирует ударный импульс, передаваемый через стартовый волновод на капсуль-детонатор монтажного блока и далее в УВТ взрывной сети.

Недостатки СИН с УВТ состоят в том, что, несмотря на надежность и безопасность неэлектрических систем инициирования, в практике их использования возникают отказы, причины которых следующие:

- неправильный монтаж сети;
- подбой поверхностной сети осколками породы при неправильном выборе замедления скважинного капсуль-детонатора или капсуль-детонатора монтажного блока;

- недостаточная инициирующая способность скважинного капсуль-детонатора для шашки-детонатора, находящейся в горячельющемся ВВ несколько суток;
- наличие дополнительных (промежуточных) КД ведет к удорожанию системы НСИ с УВТ по сравнению с электро-взрывной сетью.

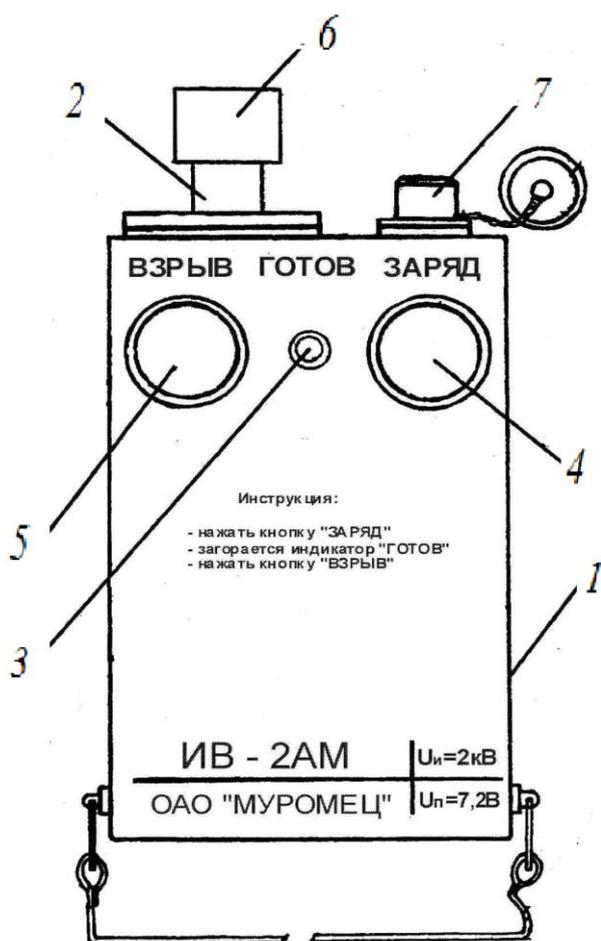


Рис. 7.11. Пусковое электрическое устройство ИВ-2АМ: 1 – корпус; 2 – разрядник; 3 – индикатор «Готов»; 4 – кнопка «Заряд»; 5 – кнопка «Взрыв»; 6 – заглушка; 7 – разъем

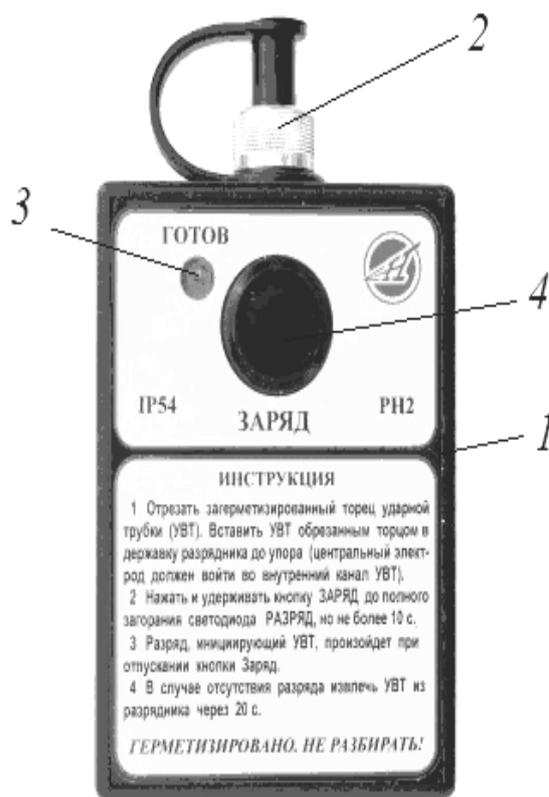


Рис. 7.12. Пусковое электронное устройство УПЭ-1,5/Х: 1 – корпус; 2 – разрядник; 3 – индикатор «Готов»; 4 – кнопка «Заряд»

Несмотря на имеющиеся недостатки, НСИ с УВТ имеет ряд преимуществ:

- высокий уровень управляемости взрывом (более широкий выбор времени замедления, индивидуальное замедление каждого скважинного заряда);

- исключение подбоя сети при оптимизации поверхностных замедлений;
- использование донного инициирования скважинных зарядов, т. к. УВТ не имеет бокового энерговыделения;
- исключение обратного инициирования при несанкционированном взрыве скважинного заряда;
- устойчивость к электрическим и электромагнитным воздействиям, полная безопасность в отношении блуждающих токов и статического электричества;
- низкий сейсмический эффект взрыва.

#### ***7.4. Электродетонаторы для инициирования зарядов ВВ***

Электродетонатор (ЭД) представляет собой капсуль-детонатор с закрепленным в нем электровоспламенителем (рис. 7.13). Диаметр ЭД гильзы составляет 7,5 мм, длина до 80 мм и толщина до 0,5 мм.

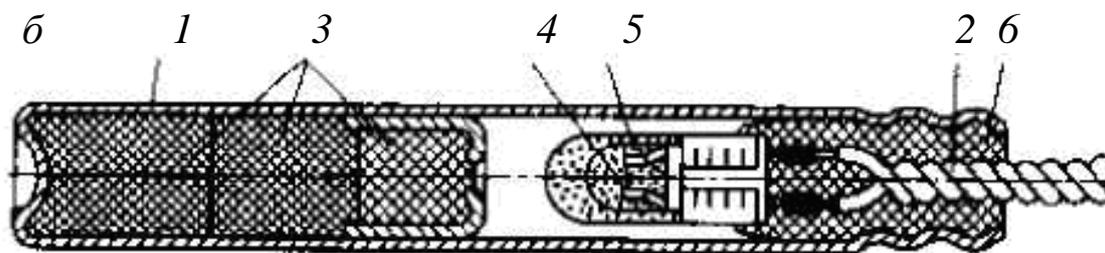
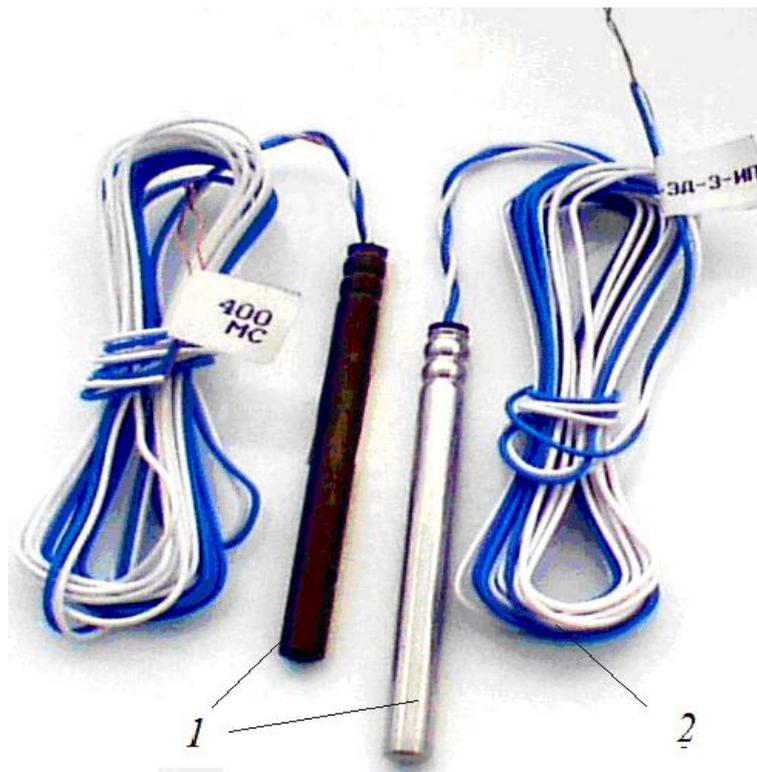
Для взрывных работ в горной промышленности применяются электровоспламенители с металлическими мостиками, имеющими сопротивление до 5 Ом и изготовленными из нихромовой проволоки (сплав 80 % никеля и 20 % хрома) диаметром 24–54 мкм, длиной до 5 мм. На мостик накаливания 5 нанесена двухслойная воспламенительная головка 4. При пропускании электротока по проводам 2 через мостик 4 внутренний слой состава воспламенительной головки 5 легко воспламеняется и затем ее наружный слой создает мощный луч огня для первичного инициирующего ВВ 3. Для предохранения от воздействия влаги воспламенительные головки покрывают водонепроницаемым лаком.

Крепление мостика в гильзе ЭД может быть эластичным или жестким. В первом случае мостик припаян к выводным проводам, пропущенным через эластичную пробку. При жестком креплении мостика он припаивается к двум тонким латунным или стальным пластинам, обернутым электроизоляционным картоном. При жестком креплении мостика обеспечивается большая прочность и большая безопасность в обращении с ЭД.

Электровоспламенитель укреплен в гильзе путем ее обжатия по пластиковой пробочке, сквозь которую пропущены провода. Такое крепление надежно предохраняет внутреннюю полость ЭД от попадания воды, а провода – от выдергивания.

Выводные провода могут быть одно- и двухжильными. При этом медные провода обычно имеют диаметр 0,5 мм, сопротивление  $R = 0,09 \text{ Ом/м}$ , длину от 1 до 4 м (один конец). Изоляция проводов полихлорвиниловая, резиновая, хлопчатобумажная и др. Свободные концы на заводе при изготовлении ЭД зачищают от изоляции на длину 20–40 мм, закорачивают, а затем свертывают в буртики длиной 100–150 мм.

*a*



*Рис. 7.13. Электродетонатор: а – общий вид; б – схема; 1 – гильза; 2 – выводные провода; 3 – заряд детонатора; 4 – двухслойная воспламенительная головка; 5 – мостик; 6 – пластиковая пробочка*

Различают ЭД:

- по виду инициирующего ВВ (гремучертутно-тетриловые и азидотетриловые);

- по времени срабатывания (мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия);
- по назначению (общего назначения и для торпедирования нефтяных скважин и др.);
- по условиям применения (непредохранительные и предохранительные);
- по чувствительности к блуждающим токам (с нормальной, пониженной и весьма низкой чувствительностью).

В соответствии с «Перечнем ...» [14] допущенных к применению в России ЭД выпускаются перечисленные ниже и ряд других:

- водостойкие мгновенного действия ЭД-8-Э (эластичное крепление мостика), ЭД-8-Ж (жесткое крепление мостика) предохранительные. Применяются везде, кроме шахт, опасных по газу и пыли;
- водостойкие короткозамедленного действия ЭДКЗ-ПМ, предохранительные, повышенной иницирующей способности. Применяются везде, в том числе в шахтах, опасных по газу и пыли;
- водостойкие замедленного действия ЭД-З-Н с интервалом замедления 1000 мс. Применяются везде, кроме шахт, опасных по газу и пыли;
- водостойкие мгновенного и замедленного действия (29 серий) от 0 до 10 с ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т, нормальной иницирующей способности, в местах, опасных в отношении блуждающих токов и статического электричества, кроме шахт, опасных по газу и пыли.

Основные электрические параметры ЭД:

- *электрическое сопротивление* складывается из электрического сопротивления мостика и выводных проводов в холодном состоянии. Оно дает возможность судить об отсутствии неисправностей в электровоспламенителе, например замыкании выводных проводов. Этот параметр необходим для расчета электровзрывной сети (например, для ЭД-8-Э  $R = 2-4,2$  Ом; для ЭД-Ж  $R = 1,6-3,8$  Ом);
- *безопасный ток* – максимальное значение постоянного тока, который при неограниченном времени его протекания через ЭД не вызывает взрыва (0,18 А);

- *длительный воспламеняющий ток ( $I$ )* – это минимальное значение постоянного тока (0,3 А), который, протекая через ЭД за время более одной минуты, вызывает его взрыв;
- *стотомиллисекундный воспламеняющий ток ( $I_{100}$ )* – это значение постоянного тока, протекающего через ЭД в течение 100 мс, вызывает его взрыв ( $I_{100} = 0,375$  А);
- *импульс воспламенения ( $K_B$ )* – это наименьшее значение импульса постоянного тока, при котором происходит воспламенение электровоспламенителя.  $K_B = I^2 t_B$ , где  $t_B$  – время воспламенения, мс. Импульс воспламенения, равный  $I = 2I_{100}$ , называют номинальным. Он составляет 0,9–2,5 мА<sup>2</sup>·с;
- *время передачи ( $t_{II}$ , мс)* – время от момента воспламенения электровоспламенителя до момента выхода луча огня из его головки. Для современных ЭД время передачи составляет 1,34–3,98 мс;
- *время срабатывания ( $t_c$ , мс)* – время от момента включения тока ( $t_B$ , мс) до момента взрыва ЭД, т. е.  $t_c = t_B + t_{II}$ .

В качестве источников тока для подачи первоначального импульса в ЭД используют приборы, которые бывают трех типов: автоматические, сетевые и конденсаторные.

Автоматические приборы взрывания конструктивно подразделяются на взрывные машинки и взрывные приборы. Во взрывных машинках источником электроэнергии служит генератор (индуктор), а во взрывных приборах – аккумулятор. Сетевые приборы взрывания могут быть с прямым включением в осветительные и силовые линии электропередач (ЛЭП), а также – в передвижную электрическую станцию. Для подключения взрывных сетей к осветительно-силовым ЛЭП с напряжением 110–380 В на ОГР применяют взрывные (минные) станции. На них последовательно установлены выключатели, чтобы исключить случайную подачу тока во взрывную сеть. Кроме того, имеются контрольные лампы, горение которых свидетельствует о наличии напряжения на клеммах станции. Перед производством взрывных работ электросеть должна быть проверена с помощью штатных приборов.

Наиболее широко применяются конденсаторные машинки. Источником тока в них служит конденсатор, который в течение

10–20 с заряжают от маломощного первичного источника тока, вмонтированного в машинку, а затем быстро в течение 3–4 мс разряжают в сеть ЭД. «Перечнем ...» [14] рекомендованы к применению на ОГР следующие конденсаторные взрывные машинки (табл. 7.3).

Таблица 7.3

***Источники тока для иницирования ЭД***

Наименование, индекс, исполнение	Масса, кг (первоисточник тока)	Назначение прибора (взрывание)
Взрывная машинка конденсаторная ВМК-500. Исполнение рудничное нормальное (РН)	11 (индуктор)	до 800 шт. ЭД нормальной чувствительности
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/1000 П. Исполнение рудничное нормальное взрывозащищенное (РВ)	2,0 (три сухие батареи)	до 100 шт. ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3. Исполнение РН	3,0 (индуктор)	до 200 шт. ЭД нормальной чувствительности
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100 М. Исполнение РВ	2,7 (три сухие батареи)	до 100 шт. ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении
Взрывной прибор ВПА-30 (60, 120). Исполнение РВ	1,9	до 30 (60, 120) шт. ЭД нормальной чувствительности

Контрольно-измерительные приборы (КИП) предназначены для проверки проводимости и измерения сопротивления отдельных ЭД и взрывных сетей перед взрыванием, а также контроля параметров взрывных приборов.

Прибор «КОПЕР» предназначен для контроля параметров взрывных приборов. Рекомендуемые КИП рассчитаны на подачу при измерении в сеть безопасной силы тока, которая не должна превышать 50 мА (табл. 7.4).

По конструкции контрольно-измерительные приборы делятся на стрелочные, звуковые и световые. Первые два типа позволяют установить факт исправности сети и получить численное значение ее сопротивления.

Световые приборы позволяют определить только проводимость сети, но не могут обнаружить короткого замыкания в ней.

Таблица 7.4

***Контрольно-измерительные приборы, применяемые для проверки исправности электровзрывных сетей***

Наименование прибора (индекс)	Безопасный рабочий ток, мА	Масса, кг	Пределы измерения, Ом
Мост переносной постоянного тока (Р-3043)	7	1,6	0,3–3000
Цифровой омметр (ХН 2570)	5	0,38	1,0–19000
Взрывной светодиодный испытатель (ВИС-1)	5	0,3	до 320

При проверке сопротивления ЭД должен помещаться в футерованную металлическую трубу, за щит или в специальное устройство, исключающее поражение людей в случае взрыва. Провода ЭД после проверки их сопротивления должны быть накоротко замкнуты и в таком положении находиться до момента присоединения к взрывной сети. Проверка ЭД, а также проверка исправности и измерения сопротивления электровзрывной сети должна производиться приборами, допущенными Ростехнадзором и дающими в цепь ток не более 50 мА. При проверке ЭД на рабочем столе должно быть не более 100 ЭД. Сопротивление проверяемых ЭД должно соответствовать указанному в паспорте.

Электрические сети должны иметь исправную изоляцию и надежные электрические соединения. Концы проводов и жил кабелей тщательно зачищены и плотно соединены. Соединения проводов надежно изолируются изоляционной лентой или специальными зажимами-контактами, наполненными солидолом. Электровзрывная цепь должна быть двухпроводной. Использование воды, земли, труб, рельсов, канатов и т. п. в качестве одного из проводников запрещается. Монтаж взрывной сети ведут только от зарядов к источнику тока. Постоянная взрывная магистраль должна быть

от взрыва не ближе 100 м. При дублировании взрывных цепей основные и дублирующие провода должны быть замаркированы. Общее сопротивление электровзрывной сети должно быть заранее подсчитано, а затем измерено с места подачи тока в цепь. При расхождении фактически измеренного и расчетного сопротивлений более чем на 10 % необходимо снова закоротить концы проводов цепи, найти и устранить неисправности, вызывающие эти отклонения. Причинами отклонения могут быть плохо зачищенные концы проводов, нарушение изоляции и др. При невозможности измерить сопротивление электровзрывной сети допускается, по разрешению представителя технического надзора, руководящего проведением взрыва, ограничиться проверкой ее проводимости.

На время начала монтажа взрывной сети все электрические установки, находящиеся в пределах опасной зоны, установленной проектом, должны быть обесточены.

Прибор, включающий ток для взрывания, или взрывная станция должны быть расположены в безопасном месте и иметь специальные клеммы для подсоединения магистральных проводов. Запрещается подсоединять магистральные провода электровзрывной сети непосредственно к каким-либо проводам, идущим от источника тока.

Если при включении тока во взрывную цепь взрыва не произошло, то взрывник обязан отсоединить от источника тока электровзрывную сеть, замкнуть накоротко ее концы, взять с собой ключ и только после этого выяснить причину отказа. Выходить из укрытия можно не ранее чем через 10 минут независимо от типа применяемых ЭД.

*Технология электрического инициирования зарядов ВВ* состоит в последовательном выполнении ряда операций. Для электрического инициирования зарядов ВВ необходимо:

- подобрать ЭД по условиям взрывания и по сопротивлению;
- проверить на соответствие их сопротивления пределам, указанным на этикетках упаковочной тары;
- изготовить патроны-боевики;
- доставить их к месту применения;
- подать предупредительный сигнал;
- ввести заряды ВВ в шпуры, скважины или камеры;
- провести их забойку;

- выполнить монтаж электровзрывной сети;
- проверить исправность электровзрывной сети и определить ее сопротивление (в случае несоответствия измеренного и расчетного сопротивлений более чем на 10 % необходимо найти и устранить неисправности в сети);
- подать звуковой сигнал (боевой), подсоединить магистральные провода к источнику тока и произвести взрыв;
- после проветривания осмотреть забой и при наличии отказов их ликвидировать;
- подать сигнал «Отбой».

В настоящее время на открытых горных работах электровзрывание не имеет широкого применения. Его используют в качестве первичного импульса при иницировании магистральной сети ДШ, иногда стартовых волноводов, а также при взрывании ограниченного количества зарядов. Причем для обеспечения 100%-ной надежности взрыва к иницируемому элементу (шашке, патрону, ДШ, УТВ) присоединяют два ЭД, подключенных параллельно.

### ***7.5. Технология иницирования зарядов с использованием электронных детонаторов***

Системы электронного иницирования разработаны с целью точного, управляемого и надежного программирования времени срабатывания скважинных зарядов наземных и подземных взрывов.

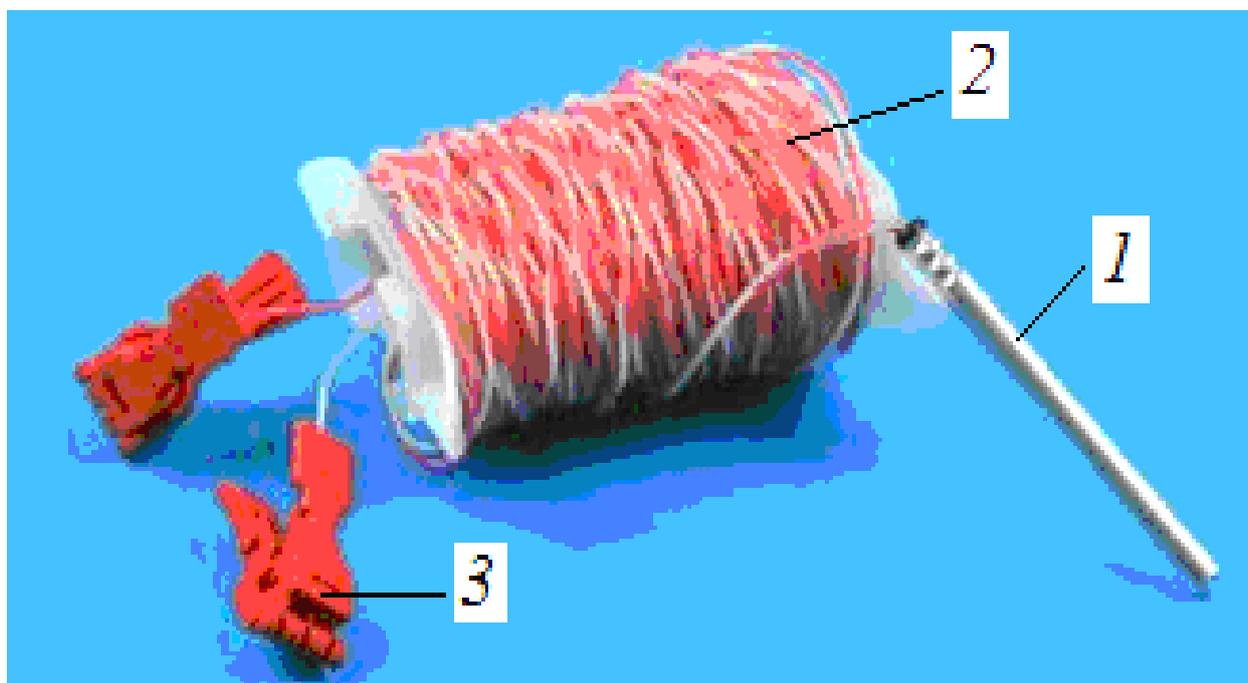
«Перечнем ...» [14] разрешено применение электронных детонаторов типа ЭДЭЗ, изготавливаемых на заводе «Искра» (Россия), DAVEYTRONIC (Франция), I-Kon (Канада) и других, иницируемых соответствующими электронными системами.

Система электронного взрывания в общем виде состоит из управляющего компьютера, согласующего модуля-адаптера, двухпроводной линии связи и электронных детонаторов. В различных системах, приведенных ниже, название комплектующих приборов может различаться.

При использовании системы электронного взрывания конфигурация последовательности соединения магистральной линии с детонаторами может быть любой. Последовательность иницирования скважинных детонаторов задается взрывником в соответствии с проектом массового взрыва.

После монтажа взрывной сети взрывник с помощью управляющего компьютера программирует схему взрывания. Последовательность срабатывания электронных детонаторов задается специальным прибором, который идентифицирует каждый детонатор и подает в него кодированный импульс тока.

*Электродетонаторы с электронным замедлением (ЭДЭЗ)* отличаются от традиционных электрических детонаторов тем, что вместо замедляющего состава в них используется микропроцессор (рис. 7.14). Они могут быть использованы только со специальной взрывной машинкой.



*Рис. 7.14. Электродетонатор с электронным замедлением:  
1 – гильза ЭДЭЗ с ВВ и микросхемой; 2 – провода; 3 – коннектор*

Применение ЭДЭЗ предусмотрено по технологическим схемам, различающимся местом их установки. Возможна схема установки ЭДЭЗ вне скважины (рис. 7.15, а) и непосредственно в скважинном заряде ВВ (рис. 7.15, б).

По схеме (см. рис. 7.15, а) предусмотрено инициирование промежуточного детонатора (ПД) 7 скважинного заряда ВВ 8 с помощью СИНВ-С 6 с различным внутрискважинным замедлением. С этой целью ударно-волновые трубки СИНВ-С 6 закрепляют в корпусе монтажного блока 5. При помощи коннектора 3 (устройство для соединения проводов) проводами 2 ЭДЭЗ подсоединяют

параллельно к магистральной взрывной линии 1. Для исключения подбоя волноводов СИНВ-С 6 при взрыве предыдущих скважин их вместе с ЭДЭЗ, установленном в монтажном блоке 5, укладывают в устье скважины на забойку. Такая схема позволяет в случае необходимости взрывать сериями по две-три скважины. Недостаток этой схемы в том, что СИНВ имеет погрешность во времени срабатывания до 10 %, и поэтому точное программирование времени замедления частично теряет свои преимущества.

Второй вариант (см. рис. 7.15, б) использования ЭДЭЗ-С предусматривает его установку непосредственно в промежуточном детонаторе 7 скважинного заряда ВВ 8. Такая схема проявляет все свои преимущества в использовании точного времени замедления взрывов в интервале от 1 до 12 с отдельных зарядов при массовом взрыве. Количество электронных детонаторов, используемых при монтаже сети, равно количеству взрывааемых частей скважинных зарядов.

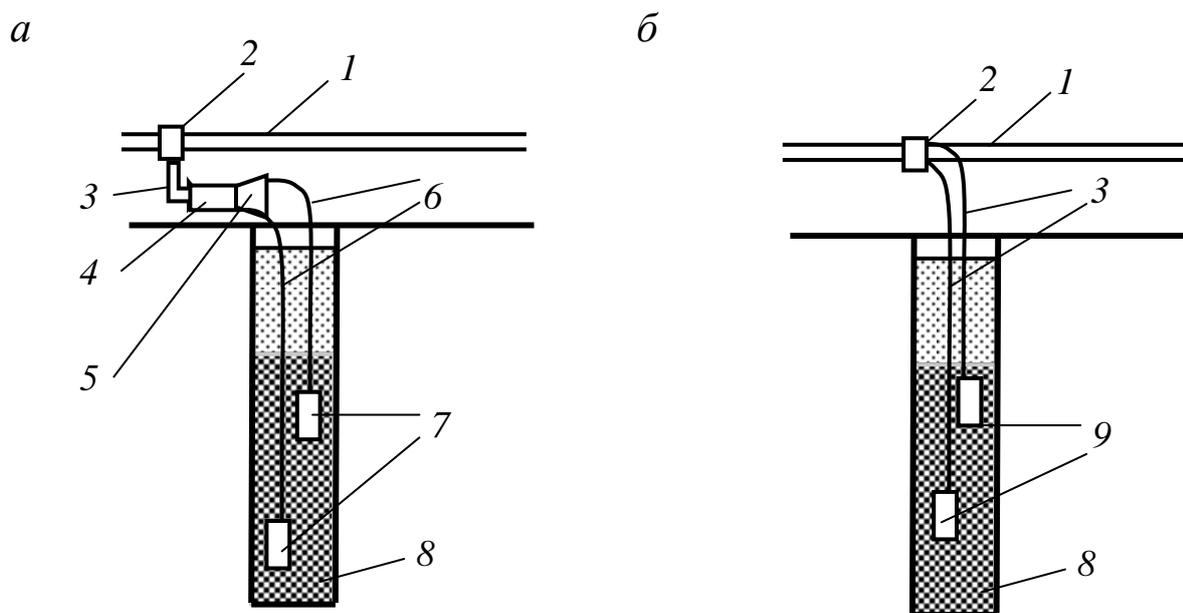


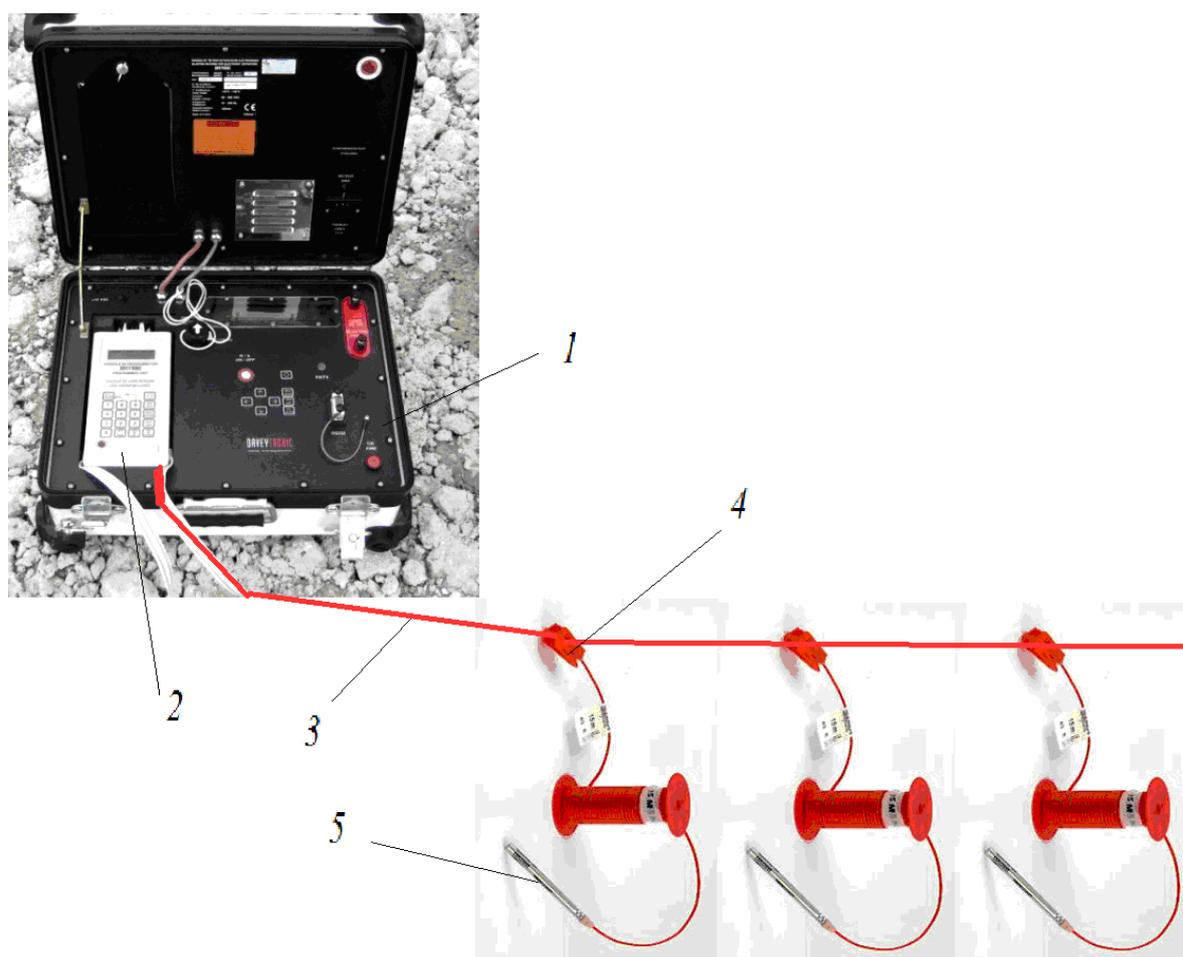
Рис. 7.15. Схема установки ЭДЭЗ:

а – вне скважины; б – в промежуточном детонаторе; 1 – магистральная линия; 2 – провода; 3 – коннектор; 4 – ЭДЭЗ; 5 – монтажный блок; 6 – СИНВ-С; 7 – ПД; 8 – заряд ВВ; 9 – ПД с детонаторами ЭДЭЗ-С

Электронная система инициирования DAVEYTRONIC состоит из управляющего компьютера – взрывной машинки; согласующего

модуля; магистрального провода; коннекторов (соединителей проводов); электронных детонаторов DAVEYTRONIC (рис. 7.16).

Принцип работы данной системы основан на двухсторонней коммуникации между детонатором 5 и взрывной машинкой 1. Каждый детонатор имеет собственный идентификационный номер, записанный в электронной схеме детонатора. Также идентификационный номер детонатора нанесен на ярлычок в виде бар-кода, который прикреплен на проводе детонатора рядом с коннектором 4. На ярлычке также указана длина провода.



*Рис. 7.16. Схема монтажа взрывной сети DAVEYTRONIC:*

*1 – управляющий компьютер; 2 – согласующий модуль (сканер);  
3 – магистральный провод; 4 – коннектор; 5 – электронный детонатор*

Идентификационный номер детонатора определяется при помощи согласующего модуля 2 (сканера) методом оптического сканирования. В процессе сканирования информации с электронных детонаторов они не должны быть подсоединены к монтажному про-

воду 3. Сканер считывает информацию с ярлычка и хранит ее в своей памяти.

Интервал замедления для каждого детонатора задается в память согласующего модуля в процессе сканирования детонаторов.

После считывания информации об идентификационных номерах детонаторов сканер коммутируется с взрывной машинкой. После чего осуществляется программирование детонаторов на необходимое значение времени замедления. Это позволяет любому детонатору быть запрограммированным от 0 до 10 с, при этом шаг программирования составляет 1 мс.

Электронная система инициирования UNI TRONIC аналогична системе DAVEYTRONIC. Она состоит из электронного детонатора, устройства UNI TRONIC *Scanner* для сканирования информации о детонаторах, тестера *Network Tester* и взрывной машинки *Blast Vox*.

Система цифрового управления I-Кон состоит из программируемых электронных детонаторов, устройства *Логгер* для регистрации и программирования детонаторов и взрывной машинки *Бластер*. Устройство *Логгер* считывает и хранит уникальные идентификационные номера детонаторов, требуемое время замедления и используется во время монтажа сети для программирования последовательности замедлений детонаторов от 0 до 15 с, при этом шаг программирования составляет 1 мс. *Бластер* выполняет окончательное тестирование системы и инициирование взрыва.

Основные преимущества электронных систем инициирования:

- система является идеальным решением по снижению сейсмического воздействия взрыва на окружающую среду;

- появляется возможность увеличения геометрических параметров сетки скважин, что снижает затраты на буровые работы;

- повышается устойчивость откосов уступов и бортов карьеров, обеспечивается компактность развала горных пород;

- улучшается качество дробления пород, благодаря чему достигаются лучшие показатели по производительности горнотранспортного оборудования, дробильных установок, снижаются общие затраты на их обслуживание;

- сохраняется геологическая структура рудных тел, обеспечивая тем самым минимальные потери и разубоживание полезных ископаемых;

- повышается уровень безопасности благодаря возможности получения информации о каждом детонаторе до взрыва.

### **7.6. Производство взрывов на карьерах по радиосигналу**

При массовых взрывах на крупных карьерах появляется необходимость одновременно инициировать несколько заряженных блоков на разных уступах. Поэтому разработаны технологии взрывания системами типа «Гром» или «Друза» без применения соединительных магистралей между отдельными блоками.

Устройство «Гром» состоит из командного и исполнительного блоков. Командный блок радиостанции устанавливается в помещении или на специальном автомобиле за пределами опасной зоны. Он обеспечивает передачу кодированных команд для проверки радиосигнала и взрывания. Число исполнительных радиоприемников взрывных станций, обеспечивающих инициирование взрывных сетей и работающих с одним командным блоком, не ограничено и зависит от числа взрывов. Исполнительный радиоприемник устанавливают на расстоянии 100–150 м от взрываемого блока в прочном корпусе, который защищает его от разлетающихся кусков породы.

Кодированный сигнал с командного пункта передается на антенну приемника, преобразующего радиосигнал в электрический импульс. Взрывная машинка включает электрический ток в цепь электродетонатора, инициирующего взрывную сеть.

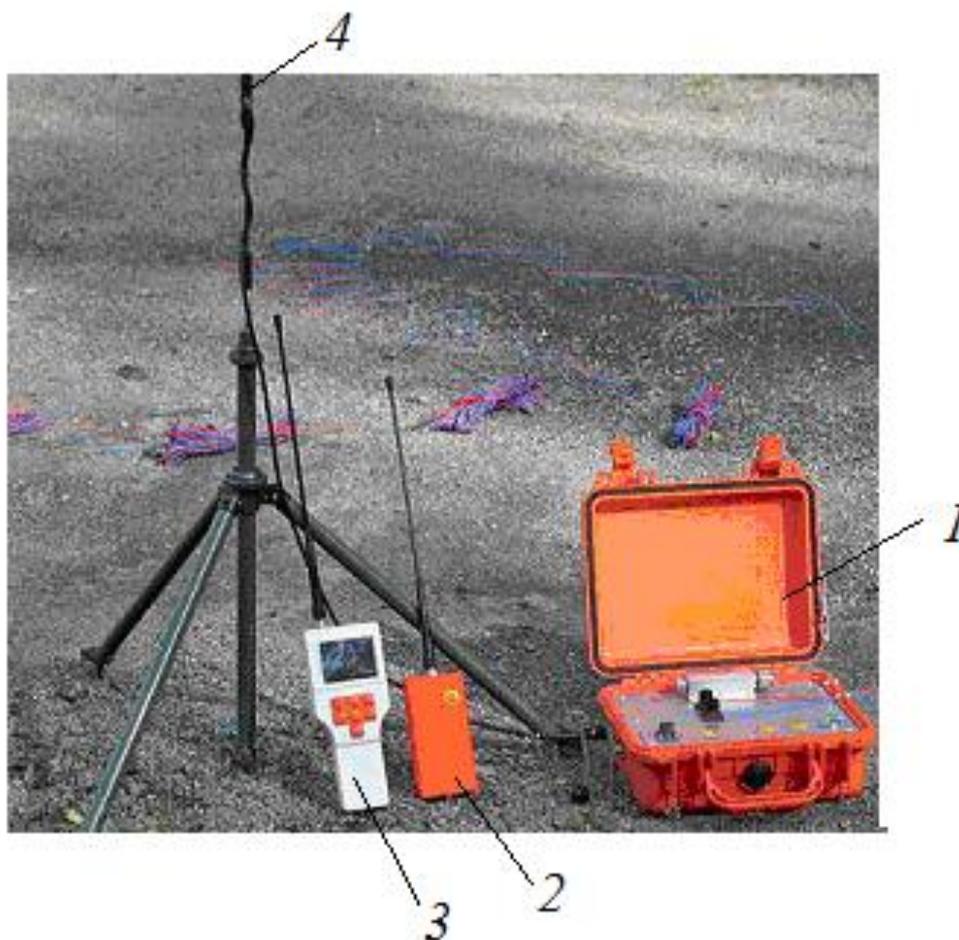
При высоте антенны командного блока 3 м дальность передачи сигнала составляет до 8 км. В системе подачи команд на взрыв имеется двойная блокировка от случайного импульса, инициирующего взрыв.

Одним из новых инструментов взрывания по радиоканалу является комплекс аппаратуры дистанционного управления, разработанный заводом «Искра» (рис. 7.17). Комплекс обеспечивает дистанционное инициирование взрывной сети на базе электронных детонаторов ЭДЭЗ-С, неэлектрических систем Искра-П и «гибридных» Искра-Т.

Кодированный сигнал с командного пункта передается на антенну-ретранслятор 4. При этом за счет связи по радиоканалу между командным блоком 2 и пультом оператора 3, находящимися на безопасном удалении от исполнительного блока 1, расположенного

в зоне взрыва, исключается необходимость монтажа магистрального провода или стартового волновода до командного пункта.

Устройство Искра-Т является «гибридной» системой инициирования на основе ударно-волновой трубки с капсулом-детонатором, имеющим электронное замедление. Ее характеристики исключают недостатки и объединяют достоинства, присущие как неэлектрическим системам инициирования на основе пиротехники, так и электрическим проводным системам с электронным замедлением.



*Рис. 7.17. Комплекс аппаратуры дистанционного взрыва по радиосигналу:  
1 – исполнительный блок; 2 – командный блок; 3 – пульт оператора;  
4 – антенна-ретранслятор*

Интервал времени замедления этой системы составляет от 1 мс до 2,2 с в диапазоне температур от  $-50$  до  $+50$  °С. Время замедления с точностью до 1 мс программируется в процессе подготовки взрыва с учетом фактической длины ударно-волновой трубки. При применении устройства Искра-Т для получения точного запрограмми-

рованного времени замедления необходимо инициировать ударно-волновую трубку вблизи ( $\pm 10$  см) от места прикрепления этикетки, указывающей время замедления.

*Рекомендуемая литература по разделу [3, 5, 7, 11, 14]*

### *Контрольные вопросы*

1. Перечислите системы инициирования.
2. Какие системы инициирования относятся к неэлектрическим?
3. Элементы электрической системы инициирования.
4. Элементы неэлектрической системы инициирования.
5. Элементы СИНВ-П.
6. Элементы Искра-П.
7. Элементы СИНВ-С, Искра-С.
8. Схема монтажа сети с ДШ.
9. Схема монтажа сети СИНВ.
10. Преимущества низкоэнергетических средств инициирования по сравнению со средствами инициирования детонирующим шнуром.
11. В чем состоит отличие в конструкции Искра-П от Искра-С?
12. Конструкция пиротехнического реле РП-Д.
13. Конструкция пиротехнического реле РП-Н.
14. Что представляют собой электродетонаторы с электронным замедлением?
15. Что представляют собой детонаторы DAVEYTRONIC?
16. Из каких элементов состоит система DAVEYTRONIC?
17. Что представляет собой система радиуправления взрывом?
18. Каким образом устроена НСИ на основе ударно-волновой трубки?
19. Каким образом устроена «гибридная» система инициирования Искра-Т?

## **8. Безопасность ведения взрывных работ**

В соответствии с ФНиП [11] в проекте на массовый взрыв должны быть определены безопасные расстояния, так называемые опасные зоны, которые необходимо строго соблюдать. Свойства ВВ при расчете размеров опасных зон не учитываются.

Для проектов на массовый взрыв рассчитывают следующие безопасные расстояния: по разлету отдельных кусков породы, сейсмическому воздействию взрыва, действию ударной воздушной волны (УВВ) на застекления, действию ядовитых газов (для взрывов более 200 т).

Для складов ВМ рассчитывают безопасные расстояния: по действию УВВ на здания и сооружения, по передаче детонации от объекта к объекту.

Линии электропередач относятся к конструкциям, стойким к воздействию УВВ, поэтому учитывают только безопасное расстояние по разлету кусков.

Безопасные расстояния для людей при производстве взрывных работ (работе с взрывчатыми материалами) должны устанавливаться проектом или паспортом или быть такими, чтобы исключить несчастные случаи. За безопасное расстояние необходимо принимать наибольшее из расстояний, установленных по различным поражающим факторам.

### **8.1. Безопасное расстояние по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления**

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

$$r_{\text{разл}} = 1250\eta_3 \sqrt{\frac{d \cdot f}{a(1 + \eta_{\text{заб}})}}, \quad (8.1)$$

где  $\eta_3$  – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом;  $\eta_{\text{заб}}$  – коэффициент заполнения скважины забойкой;  $d$  – диаметр взрывающейся скважины, м;  $f$  – коэффициент крепости по шкале М. М. Протождяконова;  $a$  – расстояние между скважинами в ряду или между рядами скважин, м.

Коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом  $\eta_3$  равен отношению длины заряда в скважине к глубине пробуренной скважины. Коэффициент заполнения скважины забойкой  $\eta_{заб}$  равен отношению длины забойки в скважине к длине свободной от заряда верхней части скважины. При заполнении забойкой всей свободной от заряда верхней части скважины  $\eta_{заб} = 1$ , а при взрывании без забойки  $\eta_{заб} = 0$ . Если взрываемый участок массива представлен породами с различной крепостью, то в расчете следует принимать максимальное значение коэффициента крепости  $f$ .

Расчетное значение опасного расстояния округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое  $r_{разл}$  должно быть не меньше минимального безопасного расстояния, указанного в табл. 8.1.

Таблица 8.1

***Минимально допустимые радиусы опасных зон***

Виды и методы взрывных работ	Радиус зоны, м
Взрывание на открытых работах методами: <ul style="list-style-type: none"> <li>• наружных зарядов в том числе кумулятивных</li> <li>• шпуровых зарядов</li> <li>• котловых шпуров</li> <li>• малокамерных зарядов (рукавов)</li> <li>• скважинных зарядов</li> <li>• котловых скважин</li> <li>• камерных зарядов</li> </ul>	300 по проекту 200* 200* 200* не менее 200** не менее 300 не менее 300
Простреливание шпуров для образования котловых зарядов	50
Простреливание скважин для образования котловых зарядов	100
При взрывах для сейсмической разведки: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в шурфах и на земной поверхности</li> <li>• в скважинах</li> </ul>	100 30

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

\*\* Радиус опасной зоны указан для зарядов с забойкой.

Безопасные расстояния от места взрыва до механизмов, зданий, сооружений для предотвращения повреждений их разлетающимися кусками породы определяются в проекте на взрыв с учетом конкретных условий.

## ***8.2. Безопасное расстояние для зданий и сооружений по сейсмическому действию взрыва***

Сейсмическая безопасность зданий и сооружений при взрывах предполагает отсутствие повреждений, нарушающих нормальное их функционирование (вероятность появления легких повреждений составляет 0,1).

Сейсмическое действие взрыва зависит от массы одновременно взрываемого заряда ВВ, характера затухания сейсмических волн на определенном расстоянии от места взрыва и условий их взаимодействия на границе раздела различных сред.

Обеспечение сейсмической безопасности при эксплуатации различных зданий и сооружений означает создание при взрыве таких условий, при которых в результате воздействия сейсмозрывных волн повреждения либо не допускаются полностью, либо допускаются в пределах, не нарушающих нормальную эксплуатацию этих объектов.

Общим критерием сейсмической безопасности зданий и сооружений, горных выработок и массивов, охраняемых от разрушений при промышленных взрывах, является допустимая скорость колебаний. Допустимая скорость колебаний – это такая скорость, при которой полностью гарантировано сохранение зданий или сооружений, а их деформации не превышают прогнозируемые. Она зависит от конструктивных особенностей, строительных материалов, назначения, физического состояния и сроков службы зданий или сооружений.

При определении допустимых параметров колебаний грунтов или горных пород в основании гражданских зданий или сооружений критерием безопасности является величина деформации в перегородках, трещины на стыках панелей и блоков. Наиболее характерными деформациями, наблюдаемыми в зданиях при действии взрыва, являются трещины в несущих конструкциях, расслоение кирпичной кладки, нарушение связей между отдельными элементами.

В зданиях и сооружениях, имеющих антисейсмические усиления, серьезных деформаций в несущих элементах не наблюдается, поэтому все антисейсмические мероприятия относятся к зданиям и сооружениям без специальных антисейсмических усилений. В таких зданиях происходит повреждение конструкций, расположенных вдоль распространения волн. Особенно значительны нарушения в зданиях и сооружениях, имеющих сложную форму и переменную жесткость.

Колебания зданий, плохо построенных, неправильно спроектированных или эксплуатируемых, при многократном последовательном воздействии сейсмических колебаний приводят к остаточным деформациям конструкций, их накоплению и, в конечном счете, к разрушению.

Критическая скорость колебаний – это такая предельно допустимая скорость, при достижении которой в массиве пород сохранность зданий или сооружений может быть гарантирована с вероятностью не выше 0,5.

Проведение взрывных работ разрешается только при возникновении допустимых скоростей колебаний. Предварительное определение допустимых и предельных (критических) скоростей колебаний для гражданских и промышленных зданий и сооружений осуществляется на основании 12-балльной шкалы. Сейсмические колебания от 1 до 5 баллов не причиняют вреда сооружениям. Так, сейсмические колебания в 1 балл отмечаются только приборами. При колебаниях от 6 до 12 баллов возникают большие разрушения и обвалы. Для обеспечения полной безопасности сооружений предельные колебания, которые могут возникнуть при взрыве, должны быть снижены на один балл.

Допустимая скорость колебаний зависит от назначения и состояния зданий и сооружений того или иного класса.

I класс – особо ответственные здания и сооружения, исторические и архитектурные памятники, ведение взрывных работ вблизи которых возможно лишь в исключительных (аварийных) случаях по специальным проектам и согласованиям.

II класс – сооружения промышленного назначения большой важности с большим скоплением людей, жилые дома.

III класс – сооружения промышленного и служебного назначения небольших размеров.

IV класс – здания промышленного и гражданского назначения с ценными и дорогостоящими машинами и приборами, нарушение которых не угрожает жизни и здоровью людей.

Задача обеспечения сейсмической безопасности при взрывах в промышленных условиях включает:

1. Предварительную оценку или прогнозирование основных параметров сейсмических волн.

2. Установление критических значений максимальных скоростей для конкретных зданий и сооружений с учетом их особенностей.

3. Определение объема и характера мероприятий, необходимых для обеспечения сейсмической безопасности.

Для защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия взрыва масса зарядов ВВ должна быть такой, чтобы исключались повреждения.

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

$$r_c = K_r K_c \alpha Q^{1/3}, \quad (8.2)$$

где  $K_r$  – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого объекта (табл. 8.2);  $K_c$  – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки (табл. 8.3);  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от условий взрывания (табл. 8.4);  $Q$  – масса заряда, кг.

Таблица 8.2

**Значения коэффициента  $K_r$**

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

Когда характеристика грунта известна ориентировочно, то принимается ближайшее большее значение  $K_{\Gamma}$ .

Таблица 8.3

**Значения коэффициента  $K_c$**

Характеристика зданий и сооружений	$K_c$
Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные здания высотой не более 2–3 этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

Таблица 8.4

**Значения коэффициента  $\alpha$**

Характеристика зданий и сооружений	$\alpha$
Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1,0
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полузаглубленного заряда	0,5

При использовании ДШ заряды взрывают группами (сериями). При одновременном (без замедления) взрывании массива горных пород на рыхление (дробление) группой из  $N$  зарядов с общей массой ВВ, равной  $Q_{сер}$ , безопасное расстояние до охраняемого объекта определяется по формуле

$$r_c \leq N^{1/6} K_{\Gamma} K_c \alpha Q_{сер}^{1/3}, \quad (8.3)$$

где  $r_c$  – фактическое расстояние от взрыва до охраняемого объекта, м;  $Q_{сер}$  – общая масса ВВ в серии, кг:

$$Q_{сер} = N \cdot Q_{СКВ}, \quad (8.4)$$

где  $Q_{СКВ}$  – масса скважинного заряда, кг;  $N$  – число скважин в серии, шт.

Для конкретных условий известны  $K_{\Gamma}$ ,  $K_c$  и расстояние до охраняемого объекта  $r_c$ . Рассчитана масса скважинного заряда ВВ. Для определения  $N$  и  $Q_{сер}$  необходимо использовать метод последовательных приближений, т. е. последовательным умножением

$Q_{\text{СКВ}}$  на количество скважин от 1 до  $N$  подобрать такое значение  $N$ , при котором удовлетворяется условие (8.3).

При использовании систем инициирования зарядов ВВ ударно-волновыми трубками с замедлением не менее 20 мс безопасное расстояние по сейсмическому действию взрыва определится:

$$r_c = K_{\Gamma} K_c \alpha Q_{\text{бл}}^{1/3} / N_{\text{бл}}^{1/4}, \quad (8.5)$$

где  $N_{\text{бл}}$  – число скважин на блоке, шт.;  $Q_{\text{бл}}$  – масса зарядов ВВ на блоке, кг.

При взрывании групп зарядов с замедлением между взрывами в группе менее 20 мс каждую такую группу рассматривают как отдельный заряд с общей массой ВВ в группе.

При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения  $\alpha$  увеличивают в 1,5–2 раза. При взрывах наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

### **8.3. Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения**

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

$$r_B = 200\sqrt[3]{Q}, \quad (8.6)$$

где  $Q$  – масса заряда ВВ, кг.

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

$$r_B = 200\sqrt[3]{Q_3}, \text{ м, при } 5000 > Q_3 \geq 1000 \text{ кг;} \quad (8.7)$$

$$r_B = 65\sqrt{Q_3}, \text{ м, при } 2 \leq Q_3 < 1000 \text{ кг;} \quad (8.8)$$

$$r_B = 63\sqrt[3]{Q_3^2}, \text{ м, при } Q_3 \leq 2 \text{ кг,} \quad (8.9)$$

где  $Q_3$  – эквивалентная масса заряда, кг.

При взрывании пород IX группы и выше по СНиП радиус опасной зоны должен быть увеличен в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы и ниже радиус опасной зоны может быть уменьшен в 2 раза.

Эквивалентную массу заряда находят следующим образом:

а) для наружных зарядов (высотой  $h_{\text{зар}}$  с засыпкой слоем грунта  $h_{\text{заб}}$ ), взрывааемых одновременно:

$$Q_3 = K_H Q, \quad (8.10)$$

где  $Q$  – суммарная масса зарядов, кг;  $K_H$  – коэффициент, значение которого зависит от отношения  $h_{\text{заб}}/h_{\text{зар}}$

	0	1	2	3	4
$K_H$	1	0,5	0,3	0,1	0,03;

б) для группы в количестве  $N$  скважинных (шпуровых) зарядов (длиной менее 12 своих диаметров), взрывааемых одновременно:

$$Q_3 = Pl_{\text{зар}} K_3 N, \quad (8.11)$$

где  $P$  – вместимость ВВ в 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  $d_{\text{СКВ}}$ , а при отсутствии забойки – от отношения длины свободной от заряда части скважины  $l_{\text{СВ}}$  к диаметру скважины  $d_{\text{СКВ}}$  (табл. 8.5);

Таблица 8.5

**Значения коэффициента  $K_3$**

$l_{\text{заб}} / d_{\text{СКВ}}$	0	5	10	15	20
$K_3$	1	0,15	0,02	0,003	0,002
$l_{\text{СВ}} / d_{\text{СКВ}}$	0	5	10	15	20
$K_3$	1	0,3	0,07	0,02	0,04

в) для группы из  $N$  скважинных (шпуровых) зарядов длиной более 12 своих диаметров, взрывааемых одновременно:

$$Q_3 = 12Pd_{\text{СКВ}} K_3 N. \quad (8.12)$$

При инициировании зарядов ВВ при помощи ДШ к величине массы  $Q_3$  добавляется суммарная масса ВВ в сети ДШ.

В случае КЗВ под  $Q_3$  и  $N$  следует понимать, соответственно, массу эквивалентного заряда и число зарядов одной группы.

При наличии нескольких групп зарядов, взрывааемых с замедлениями, к расчету принимается группа с максимальной массой  $Q_3$ . Суммарная масса зарядов и число групп замедлений не ограничиваются.

При интервале замедления:

- от 30 до 50 мс безопасное расстояние должно быть увеличено в 1,2 раза;

- от 20 до 30 мс – в 1,5 раза;

- от 10 до 20 мс – в 2 раза.

При отрицательной температуре воздуха безопасное расстояние должно быть увеличено не менее чем в 1,5 раза.

#### **8.4. Безопасное расстояние по действию УВВ на человека**

Расстояние, безопасное по действию на человека ударной воздушной волны наружного заряда, следует определять по формуле

$$r_{\min} = 15\sqrt[3]{Q}, \quad (8.13)$$

где  $Q$  – масса взрываемого наружного заряда ВВ, кг.

Эту формулу используют только тогда, когда по условиям работ необходимо максимальное приближение персонала, производящего взрывание, к месту взрыва. В остальных случаях расстояние следует увеличить в 2-3 раза. При наличии блиндажей расстояние может быть сокращено, но не более чем в 1,5 раза.

За безопасное расстояние для людей принимается наибольшее из рассчитанных по действию УВВ (при наружных зарядах) и разлету кусков взорванной горной массы, но не менее допустимых радиусов опасных зон (см. табл. 8.1).

#### **8.5. Безопасное расстояние по действию ядовитых газов**

Массовый взрыв является мощным периодическим источником выброса в атмосферу. При взрыве скважинного заряда из каждого килограмма ВВ образуется до 1000 л газообразных веществ. Из них примерно 50–80 л относится к ядовитым. Количество ядовитых газов и пыли, образующихся при взрыве, зависит от условий проведения ВР, в т. ч. от типа ВВ и его удельного расхода, физико-механических свойств взрываемых пород и их обводненности, технологии взрывания и т. д. Состав продуктов взрыва зависит от рецептуры ВВ, кислородного баланса и условий взрывания.

Кислородный баланс – отношение избытка или недостатка кислорода, содержащегося в составе ВВ, к его количеству, необходимому для полного окисления всех горючих компонентов этого

ВВ. Выражается в процентах. При полном соответствии количества кислорода количеству горючих компонентов кислородный баланс равен нулю. При избытке кислорода баланс ВВ положительный, а при недостатке – отрицательный.

При взрыве ВВ с нулевым кислородным балансом теоретически должно происходить полное окисление горючих элементов с максимальным выходом тепловой энергии. Углерод и водород при этом окисляются в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , металлы окисляются до полных окислов, а азот выделяется в свободном виде. При этом образуется минимальное количество ядовитых газов. При взрыве ВВ с недостатком кислорода (*отрицательным* кислородным балансом) образуется ядовитый оксид углерода  $\text{CO}$ . При взрыве ВВ с избытком кислорода (*положительным* кислородным балансом) образуются весьма ядовитые оксиды  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ . В практических условиях горных работ вторичные реакции не успевают завершиться, поэтому образуются различные ядовитые газы: оксид углерода  $\text{CO}$ , оксиды азота  $\text{NO}_x$ , метан  $\text{CH}_4$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , сернистый газ  $\text{SO}_2$ , хлористый водород  $\text{HCl}$  и хлор  $\text{Cl}_2$ . Наиболее опасными считаются оксиды азота и оксид углерода. Они выделяется после взрыва из развала породы даже во время ее экскавации. Это явление может привести к отравлению людей.

Независимо от кислородного баланса ядовитые газы могут образовываться при ухудшении детонационной способности зарядов ВВ из-за их увлажнения, переуплотнения и других факторов.

Для индивидуальных ВВ, описываемых химической формулой вида  $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c\text{O}_d$ , кислородный баланс рассчитывают по формуле

$$\text{КБ}_{\text{инд}} = 100 \frac{d - (2 \cdot a + b/2)16}{M_{\text{ВВ}}}, \quad (8.14)$$

где  $M_{\text{ВВ}}$  – молекулярная масса ВВ, г;  $a$ ,  $b$ ,  $d$  – количество атомов углерода, водорода, кислорода.

Для смесевых ВВ кислородный баланс рассчитывают по формуле

$$\text{КБ}_{\text{смес}} = \frac{P_1 \cdot \text{КБ}_1 + P_2 \cdot \text{КБ}_2}{100}, \quad (8.15)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – содержание компонентов, %;  $\text{КБ}_1$  и  $\text{КБ}_2$  – кислородный баланс компонентов смеси, %.

В результате мгновенного химического превращения ВВ фронт детонационной волны движется с очень большой скоростью. За фронтом этой волны давление и температура скачкообразно повышаются. Порода вокруг скважины подвергается всестороннему сжатию, переходит в пластическое состояние и переизмельчается в пыль. Радиус зоны переизмельчения составляет от 1,5 до 5 радиусов заряда.

Процесс образования пылегазового облака (ПГО) происходит в два этапа. Первичный этап связан с выносом пыли из устья скважины истекающими газообразными продуктами взрыва. Вторичный этап возникает в результате соударений при перемещении горной массы и формировании развала (рис. 8.1).

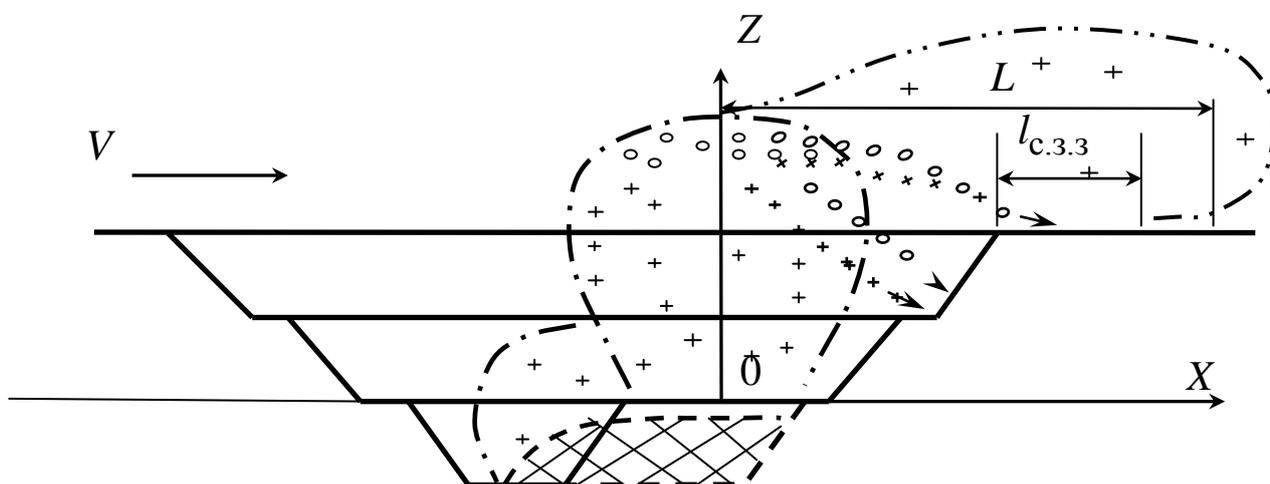


Рис. 8.1. Схема формирования и распространения ПГО:

$l_{с.з.з.}$  – ширина санитарно-защитной зоны;  $L$  – длина зоны рассеивания ПГО

При формировании пылегазового облака прогретые газы, вырываясь из устья скважины, а затем из разрушенного массива, тормозятся о неподвижный или малоподвижный слой воздуха. Этот процесс длится от 30 до 60 с. К этому моменту пылегазовое облако считается сформированным и его объем определяется по формуле

$$V_{\text{ПГО}} = 4,4 \cdot 10^4 Q^{1,08}, \quad (8.16)$$

где  $Q$  – количество взорванного ВВ, т.

Начальная концентрация пыли или газа в пылегазовом облаке определится:

$$C_{\text{пго}}^i = \frac{M_{\text{пго}}^i}{V_{\text{пго}}} \cdot 10^9, \quad (8.17)$$

где  $M_{\text{пго}}^i$  – масса пыли или газа в пылегазовом облаке в момент его формирования, т.

Количество вредных веществ (твердые частицы, оксид углерода, оксид азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва, определяется:

$$M_{\text{пго}}^i = K_{\text{гр}} q_{\text{уд}}^i Q(1 - \eta), \quad (8.18)$$

где  $K_{\text{гр}}$  – коэффициент, учитывающий гравитацию частиц (для твердых частиц принимается  $K_{\text{гр}} = 0,16$ , а для газов  $K_{\text{гр}} = 1$ );  $q_{\text{уд}}^i$  – удельное выделение  $i$ -го вредного вещества при взрыве 1 т ВВ, т/т;  $\eta$  – эффективность средств пылеподавления, дол. ед. (при использовании гидрозабойки  $\eta = 0,6$  для пыли и  $\eta = 0,85$  для газов; при твердой забойке  $\eta = 0$ ). Изменение удельного выделения пыли и оксида углерода представлено на графиках (рис. 8.2 и 8.3).

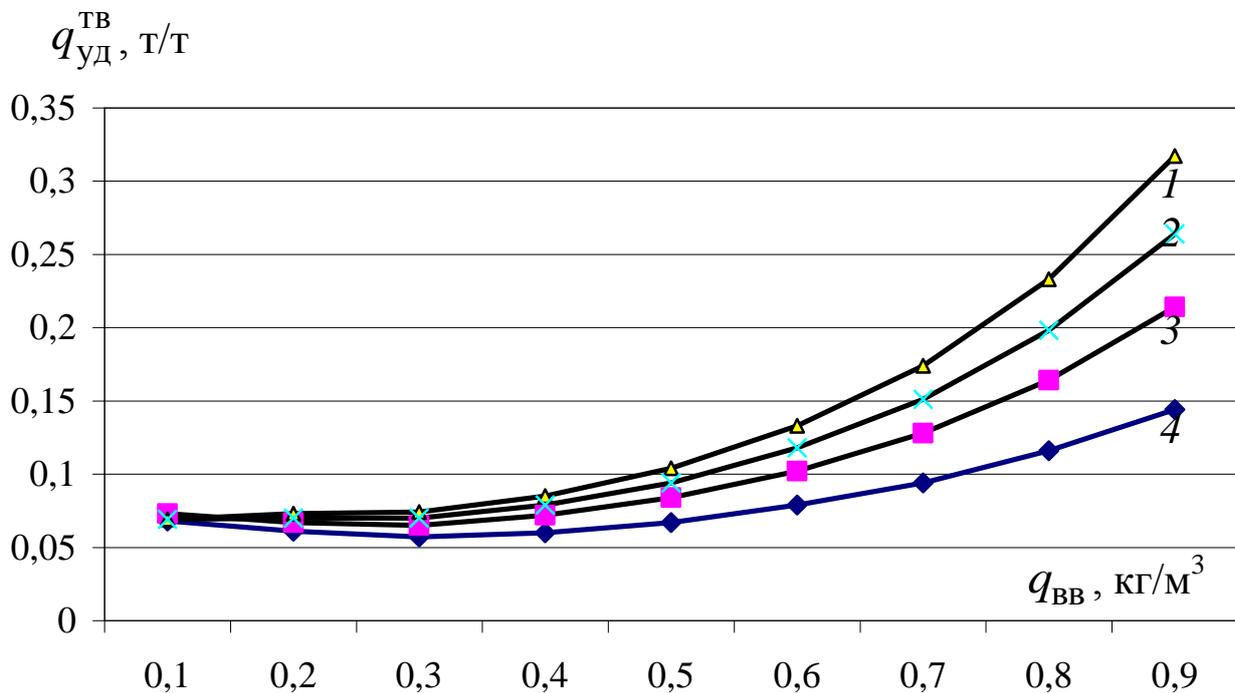


Рис. 8.2. Удельное выделение пыли в зависимости от удельного расхода ВВ:  
 1 – граммонит 30/70; 2 – гранулол; 3 – гранулит М, АС-8, АС-4;  
 4 – граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ

Поскольку удельное выделение вредных примесей зависит от расхода ВВ на 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы, удельный расход ВВ рассчитывается:

$$q_{\text{ВВ}} = \frac{Q}{V_{\text{Г.М}}}, \quad (8.19)$$

где  $V_{\text{Г.М}}$  – объем взорванной горной массы, тыс. м<sup>3</sup>.

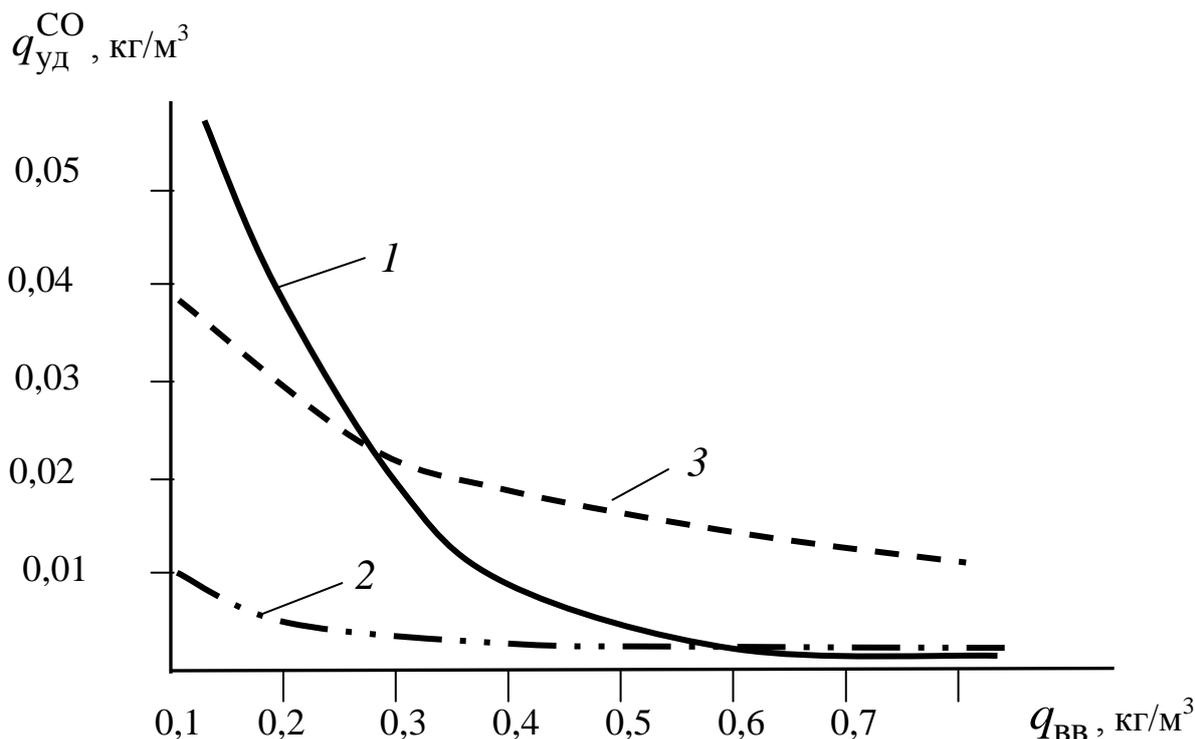


Рис. 8.3. Выделение оксида углерода в зависимости от удельного расхода ВВ: 1 – граммонит 79/21; 2 – игданит, гранулиты; 3 – граммонит 30/70

При использовании нескольких типов ВВ удельный расход ВВ, приведенный к граммониту 79/21, можно определить:

$$q_{\text{ВВ}} = \frac{Q_1 b_1 + Q_2 b_2 + \dots + Q_n b_n}{V_{\text{Г.М}}} \cdot 10^3, \quad (8.20)$$

где  $b_1, b_2, \dots, b_n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие работоспособность ВВ, обозначенных индексами 1, 2, ...,  $n$  (табл. 8.6).

Сформировавшись и достигнув высоты, на которой произошло выравнивание температуры газов в облаке и окружающей воздушной среде, ПГО начинает перемещаться в направлении ветра. Начи-

нается процесс выпадения пылевых фракций и разжижения вредных газов.

Таблица 8.6

**Значение переводного коэффициента «b» для различных ВВ**

Тип ВВ	Коэффициент «b»	Тип ВВ	Коэффициент «b»
Акватол Т-20Г	1,20	Игданит	1,13
Алюмотол	0,83	Ифзанит Т-20	1,20
Гранулит М	1,12	Ифзанит Т-60	1,10
Гранулит УП	0,90	Ифзанит Т-80	1,08
Гранулит С-6М	1,11	Карбатол ГЛ-10В	1,39
Гранулит АС-4В	0,89	Карбатол 15-Т	1,42
Граммонит 79/21	1,00	Порэммит 4А	1,28
Граммонит 50/50	1,01	Порэммит 1-МК	1,25
Граммонит 30/70	1,13	Сибирит 1000	1,29
Гранулотол	1,20	Сибирит 1200	1,30

Расстояние, на которое переместится пылегазовое облако при снижении концентрации частиц пыли и газов до норм ПДК, может быть определено по формуле

$$L = 1,21 \exp(-0,0018H_k) \left[ (-\ln C_d / C_{пго}) (292,5v^2 + 497,5v - 500) \right] / v^{1,59}, \quad (8.21)$$

где  $L$  – расстояние, м;  $H_k$  – глубина карьера (ведения взрывных работ), м;  $C_d$  – предельно допустимая концентрация вредного вещества, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{пго}$  – начальная концентрация вредного вещества в пылегазовом облаке, мг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Таким образом, загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных газов и пыли из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы.

Для определения массы вредных выбросов, выделившихся при взрывных работах на разрезе в течение года, в расчетах следует учитывать годовой расход ВВ.

Высоту подъема пылегазового облака при взрыве суммарного заряда ВВ в пределах от 10 до 400 т можно определить по формуле

$$h_0 = (0,2Q + 139) \exp \left[ 10^{-4} (41 - 0,04Q) t_0 \right] K_t, \quad (8.22)$$

где  $h_0$  – высота подъема пылегазового облака, м;  $t_0$  – время формирования пылегазового облака,  $30 < t_0 \leq 60$ , с;  $K_t$  – коэффициент, учитывающий изменение высоты подъема пылегазового облака в зависимости от глубины  $l_c$  взрываемых скважин (при  $l_c \leq 15$  м  $K_t = 1$ ; при  $l_c > 15$  м  $K_t = 0,8$ ).

В соответствии с ФНиП [11] безопасное расстояние по действию ядовитых газов рассчитывается при взрыве ВВ массой более 200 т:

$$r_r = 160 \sqrt[3]{Q} (1 + 0,5\nu), \quad (8.23)$$

где  $Q$  – суммарная масса зарядов ВВ, т.

***Рекомендуемая литература по разделу [1, 3, 10, 11, 15]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие безопасные расстояния должны быть определены и соблюдены при производстве взрывных работ?
2. Какие параметры учитываются при определении безопасного расстояния по разлету кусков при производстве взрывных работ?
3. Как изменится безопасное расстояние по разлету кусков при увеличении расстояния между скважинами?
4. Как изменится безопасное расстояние по разлету кусков при увеличении диаметра скважины?
5. Какое безопасное расстояние учитывается для удаления оборудования за границы опасной зоны при производстве взрывных работ?
6. Как изменится безопасное расстояние по разлету кусков при взрывании на косогоре?
7. Что подразумевают под сейсмически безопасным расстоянием?
8. Какие параметры учитываются при определении сейсмически безопасного расстояния?
9. Что необходимо предпринять, если сейсмически безопасное расстояние по расчету больше чем расстояние до места взрыва до охраняемого объекта?

## ***9. Типовой проект ведения взрывных работ***

Типовой проект должен утверждаться техническим руководителем и вводиться в действие приказом руководителя организации. При выполнении взрывных работ подрядным способом типовой проект (проект буровзрывных работ) утверждается техническими руководителями организации-подрядчика и организации-заказчика.

### ***9.1. Краткая горно-геологическая характеристика условий ведения БВР***

Приводится ситуационный план карьера. На нем в пределах карьерного поля указываются основные горные или геологические участки и их границы. Указываются геологические нарушения. Перечисляются рабочие и нерабочие угольные пласты с указанием их мощности, углов падения и стратиграфического положения.

### ***9.2. Сопrotивляемость вскрышных пород и полезного ископаемого взрывному разрушению***

Приводится геологическая характеристика угленосной толщи, которая может быть представлена в виде стратиграфической колонки по горному или геологическому участку или вскрыше отдельных пластов.

Указываются все слои литологических типов пород, их глубина залегания, пределы изменения и средние значения мощности, прочности и блочности, их принадлежность к категориям по блочности, взрываемости и буримости. Приводятся сведения об обводненности пород.

### ***9.3. Технологическая характеристика условий ведения БВР***

Приводится описание принятой на данном карьере системы разработки и указываются параметры ее элементов: высота уступа, рабочий и устойчивый угол откоса, ширина экскаваторной заходки и рабочей площадки по наносам, коренным породам и полезному ископаемому. Указывается основное буровое, выемочно-

погрузочное и транспортное оборудование, дается их краткая технологическая характеристика.

#### ***9.4. Методы и порядок ведения ВР***

Называются объекты первичного и вторичного ведения ВР и для каждого из них указывается метод ВР. Дается краткая характеристика принятых методов ВР.

#### ***9.5. Сведения об охраняемых объектах***

На ситуационном плане должны быть показаны ЛЭП, дороги, здания, сооружения и др. объекты, которые могут быть подвергнуты сейсмическому воздействию при ведении ВР. Называются грунты в основании охраняемого объекта (скальные ненарушенные, песчаные, глинистые, почва) и их обводненность. Указывается тип зданий и сооружений: кирпичные, железобетонные, металлические, их этажность, характер застройки (одиночные здания или жилые поселки) и допускаемая степень их повреждений (отсутствие повреждений, случайные повреждения застекления и т. д.).

#### ***9.6. Расчет параметров БВР***

В данном разделе на основании отраслевых методик, учитывающих свойства взрывааемых пород, их обводненность, стоимость ВВ, надежность поставок серийно выпускаемых ВВ или их компонентов и добавок, опыт применения того или иного ВВ в конкретных условиях и в соответствии с «Перечнем ...» [14] производится:

- выбор типов ВВ и СИ;
- обоснование проектной величины удельного расхода ВВ;
- расчет параметров конструкции заряда и скважин для однородных уступов;
- расчет удельного расхода ВВ и параметров сетки скважин для уступов сложного строения;
- определение качества взрывной подготовки пород;
- параметры взрывной подготовки угля, мерзлоты, негабарита;
- технико-экономические показатели БВР.

### **9.7. Определение параметров опасных зон**

Расчеты размеров опасных зон и допустимой величины заряда должны производиться в соответствии с требованиями ФНиП [11], технических правил ведения ВР на земной поверхности, а также местных инструкций, утвержденных руководителями предприятия и согласованными с органами Ростехнадзора. В особых случаях, когда рассчитать размеры опасной зоны по названным нормативным документам нельзя, следует привлекать для этих целей специализированные предприятия.

Определяются радиусы:

- сейсмически опасных зон;
- опасных зон по действию УВВ;
- опасных зон по разлету отдельных кусков породы.

В случае если на карьере будут вестись ВР на выброс и масса одновременно взрываемого заряда будет превышать 200 т, необходимо определять расстояния, безопасные по действию ядовитых газов.

### **9.8. Организация БВР**

В этом разделе излагаются конкретные меры по безопасной организации БВР, система оповещения заинтересованных предприятий, населения и местных органов власти о проводимых взрывах, требования к порядку вывода людей за пределы запретных и опасных зон, мероприятия по технике безопасности, в том числе расчеты параметров укрытий людей в пределах опасных зон, типовой порядок и организация работ по ликвидации отказов.

### **9.9. Приложения к проекту**

Приводятся численные значения параметров БВР, размеров опасных зон для наиболее сложных горно-геологических условий предприятия, бурового, выемочного и транспортного оборудования, которые могут быть использованы при составлении *проекта массового взрыва*.

## **9.10. Проект массового взрыва**

Проект массового взрыва состоит:

- из технической документации, включающей пояснительную записку с расчетами и графическими материалами;
- таблицы параметров взрывных работ;
- распорядка проведения массового взрыва.

В пояснительной записке приводятся: название пород, слагающих взрываемый блок, категории пород по буримости, блочности, взрываемости и обводненности, объем блока, наименование ВВ и СИ, диаметр скважин, удельный расход ВВ, параметры конструкции заряда, расстояния между скважинами и между рядами скважин, схема взрывания, интервалы замедления, предполагаемый расход ВВ, ПД, КД, ДШ, РП, УВТ, том числе по наименованиям, безопасные расстояния по разлету кусков породы, УВВ, сейсмике, прочие сведения.

К пояснительной записке прилагается следующий графический материал: схемы расположения скважин, поперечные профили уступа через заряды, схемы взрывания, расчетный профиль развала, схемы отвода оборудования, схемы зарядания и забойки скважин, ситуационный план местности с указанием опасных зон и находящихся в ее пределах зданий, сооружений, ЛЭП и др., а также места расположения постов охраны опасной зоны и места укрытия взрывников.

В таблице параметров ВР указывается:

- в заглавии – место, дата и время проведения взрыва;
- в самой таблице – номер скважины и расчетные и фактические показатели диаметра скважин, высота уступа, глубина скважин, перебур (недобур), длина забойки, высота столба воды в скважине, ЛСПП, расстояние между скважинами и между рядами скважин, масса заряда в скважине.

В распорядке проведения массового взрыва указывается:

- место, дата, время зарядания скважин и проведения взрыва; общее количество взрываемых скважин и суммарная масса ВВ; способ взрывания, количество серий и интервалы замедления между ними; порядок зарядания скважин и монтажа взрывной сети; объекты, находящиеся в опасной зоне, и мероприятия по предотвращению повреждений охраняе-

мых объектов; размеры опасных зон для людей, оборудования, сооружений; расстояния отвода от ближайшей скважины экскаваторов, бурстанков, прочего оборудования; вид транспорта для подвозки ВМ на блок и сопровождающие его лица; технические средства для очистки скважин перед их заряданием; время проветривания и допуска людей в карьер и к месту проведенного взрыва;

- фамилии, имена и отчество руководителя взрыва и ответственных: за вывод людей с территории запретных и опасных зон, зарядание и монтаж взрывной сети, вывод внутри-карьерного транспорта из опасной зоны, отвод оборудования из запретной и опасной зоны, отключение электроэнергии, охрану опасной зоны, подачу сигналов, оповещение соседних предприятий, составление и проверку проекта массового взрыва.

Кроме типового проекта и проекта на массовый взрыв на предприятии должен быть разработан документ, регламентирующий дату и время проведения взрывов, который подлежит утверждению техническим руководством предприятия после согласования с заинтересованными организациями.

### ***9.11. Подготовка массового взрыва***

Подготовительный этап выполнения массового взрыва включает:

- подготовку исходных материалов для составления проекта массового взрыва;
- составление проекта массового взрыва;
- определение границ опасной зоны;
- охрану места взрыва;
- установление системы сигнализации при ВР.

Подготовка исходных данных для составления проекта заключается в производстве геолого-маркшейдерской съемки взрываемого блока и составлении плана и характерных разрезов блока с указанием свойств пород: блочности, прочности, угленосности (рудоносности) и др. Для составления схем расположения скважин используют выкопировки из плана участка, на которых их привязывают, как правило, к верхней бровке уступа.

Перед началом бурения скважин маркшейдер на рабочей площадке уступа выносит в натуру положение скважин и обозначает их. Порядок и способы выноса устанавливаются в соответствии с требованиями «Инструкции по производству маркшейдерских работ» предприятием, выполняющим буровые работы. После бурения скважин вновь производится контрольная съемка обуренного блока и составляется план с указанием фактического положения скважин на уступе. Отклонение фактических параметров расположения скважин от расчетных не должно превышать 10 %. При больших отклонениях выполняется корректировочный расчет параметров взрыва.

Обуренный блок после маркшейдерской съемки передается согласно акту участку (цеху, подрядной организации и др.), выполняющему взрывные работы. Если БВР ведутся одним участком (цехом), то акт не составляется.

Составляется распоряжок массового взрыва, с которым под подпись должны быть ознакомлены все ответственные исполнители, после чего он утверждается техническим руководителем карьера. Ответственными руководителями массового взрыва сроком на один год назначаются ИТР разреза, имеющие допуск к руководству ВР. При производстве массовых взрывов с общим весом заряда ВВ более 100 т руководителем взрыва назначается главный инженер или его заместитель. В обязанности ответственного руководителя массового взрыва входит:

- организация доставки на блок ВВ и СИ;
- организация проверки готовности скважин к заряданию и их зарядания в точном соответствии с проектом и корректировками, внесенными в проект;
- организация инструктажа всех лиц, занятых на подготовке взрыва, с обязательным занесением отметки о его проведении в книгу инструктора и росписью инструктируемого;
- организация охраны опасной зоны;
- организация письменного уведомления за одни сутки до взрыва о времени его проведения заинтересованных руководителей предприятий и организаций, местных властей, чьи объекты могут быть подвержены воздействию ВР.

## **9.12. Организация проведения массового взрыва**

ВМ на массовый взрыв выписываются по наряд-путевке на старшего взрывника (мастера-взрывника). Доставленные ВВ раскладываются по скважинам в количестве и ассортименте согласно расчетам проекта массового взрыва. Доставка ВВ и зарядание скважин механизированным способом проводится в соответствии с требованиями действующих на предприятии инструкций.

Поверхность у устья скважин должна быть очищена от обломков породы и буровой мелочи.

Находящиеся на блоке ВМ и заряженные скважины должны охраняться вооруженной охраной или проинструктированными рабочими при обязательном искусственном освещении в темное время.

Вывод людей за пределы опасной зоны и выставление постов охраны этой зоны осуществляется:

- при электрическом способе инициирования зарядов – перед началом укладки в заряды боевиков с ЭД;
- при взрывании с помощью ДШ или СИНВ – перед началом монтажа взрывной сети.

По окончании монтажа взрывной сети ответственный руководитель массового взрыва лично проверяет соответствие монтажа взрывной сети проектным схемам коммутации, надежность узлов и соединений, правильность установки замедлителей. Между ответственным руководителем массового взрыва и лицами, ответственными за зарядание и подготовку отдельных взрывов, должна обеспечиваться надежная двухсторонняя связь. При производстве массового взрыва обязательно применение звуковых сигналов, которые должны быть хорошо слышны на границах опасной зоны. Звуковые сигналы подаются сиреной или свистком старшим взрывником в следующем порядке:

- первый сигнал – «Предупредительный» (один продолжительный). Все люди, не занятые заряданием и взрыванием, должны быть удалены за пределы опасной зоны, а у мест возможного входа в опасную зону должны быть выставлены посты охраны;
- второй сигнал – «Боевой» (два продолжительных). По этому сигналу взрывник зажигает ОШ и удаляется в укрытие

или за пределы опасной зоны, при использовании СИНВ, Искра и т. п. стреляет стартовым устройством или нажимает кнопку «Взрыв» пускового устройства, а при электро-взрывании – включает ток;

- третий сигнал – «Отбой» (три коротких). Подается после осмотра взрыва, а в случае обнаружения отказов – после их ликвидации. Он означает окончание ВР. По этому сигналу посты охраны опасной зоны снимаются.

Допуск людей в карьер и к месту проведенного взрыва производится согласно порядку, принятому на предприятии, утвержденному техническим руководителем карьера, но только после рассеивания пылегазового облака и полного восстановления видимости.

***Рекомендуемая литература по разделу [3, 4, 9, 11, 14, 16]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие сведения при разработке проекта массового взрыва содержит раздел «Горно-геологическая характеристика условий ведения БВР»?
1. Какие сведения при разработке проекта массового взрыва содержит в раздел «Технологическая характеристика условий ведения БВР»?
2. С какой целью необходимы сведения об охраняемых объектах?
3. Какие параметры БВР необходимо рассчитать в проекте на массовый взрыв?
4. По каким параметрам окончательно принимают радиусы опасных зон при массовом взрыве?
5. При какой массе взрыва определяют радиус распространения вредных газов?
6. Какие сигналы подаются при проведении взрыва?
7. Когда выводят людей за пределы опасной зоны?
8. Когда выставляют посты охраны опасной зоны при электрическом способе инициирования зарядов?
9. Когда выставляют посты охраны опасной зоны при взрывании с помощью ДШ или СИНВ?

## 10. Отрицательные результаты взрывов

### 10.1. Некачественная подготовка горной массы

Отрицательные результаты взрывов скважинных зарядов ВВ обычно являются следствием технических, технологических и организационных причин. Это может быть повышенный выход негабарита, выброс породы на верхнюю площадку уступа (рис. 10.1, *а*), образование порогов на уровне подошвы уступа (рис. 10.1, *б*) и козырьков на верхней бровке уступа (рис. 10.1, *в*), заколы массива за линию последнего ряда скважин (рис. 10.1, *г*), увеличенный развал взорванной породы при транспортной технологии (рис. 10.1, *д*).

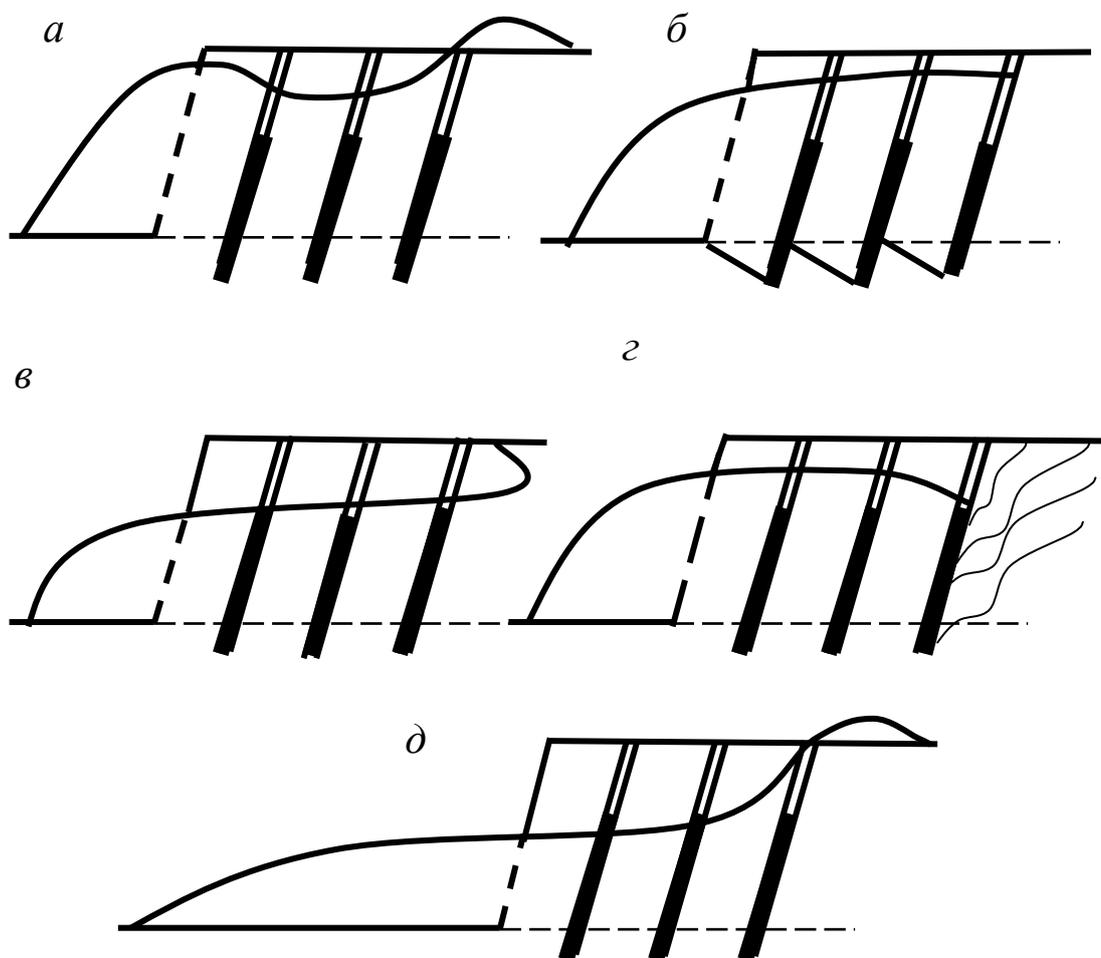


Рис. 10.1. Вид развала породы при некачественных взрывах

Взрывы с отрицательными результатами снижают эффективность последующих производственных процессов выемки и погрузки горной массы, увеличивают объемы вторичного дробления по-

род, повышают себестоимость добычи полезного ископаемого. Основные причины отрицательных результатов взрыва и способы их предупреждения или устранения приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

***Причины некачественных взрывов и способы их устранения***

Результаты взрыва	Причины	Способы устранения
Повышенный выход негабарита	Недостаточный расход ВВ	Увеличить расход ВВ
	Низкое расположение заряда в скважине или недостаточный заряд в каждой скважине	Уменьшить сетку скважин, применить рассредоточение заряда или увеличить удельный расход ВВ
	Недостаточная мощность применяемого ВВ	Заменить ВВ на более мощное
	Неправильная последовательность взрыва зарядов, неправильный интервал замедления	Заменить последовательность взрывания зарядов и интервал замедления
	Чрезмерно большой диаметр скважин, особенно в трудно-взрываемых породах	Уменьшить диаметр скважин
Выброс породы на верхнюю площадку уступа, заколы массива за границу заходки	Завышенный удельный расход ВВ	Уменьшить расход ВВ
	Недостаточный интервал замедления	Увеличить интервал замедления
	Неправильная последовательность замедления	Изменить последовательность взрыва зарядов
Образование порогов	Недостаточный перебур	Увеличить перебур скважин
	Недостаточная мощность ВВ в нижней части заряда	Применить ВВ повышенной мощности
	Применение неводоустойчивых ВВ в обводненных скважинах. ЛСПП больше допустимой	Применить водоустойчивые ВВ. Приблизить скважины к верхней бровке уступа, применить скважины большего диаметра или парно сближенные скважины

Результаты взрыва	Причины	Способы устранения
Образование козырьков	Чрезмерная величина зарядки в скважине	Увеличить заряд в скважине, применить рассредоточенные заряды
Повышенный развал взорванной породы	Повышенный удельный расход ВВ	Уменьшить удельный расход ВВ
	ЛСПП меньше допустимой для данного диаметра скважин	Увеличить ЛСПП

### **10.2. Отказы скважинных зарядов**

Под отказом понимают полное или частичное отсутствие детонации заряда, его части или группы зарядов при подаче во взрывную сеть инициирующего импульса. Согласно ФНиП [11] во всех случаях, когда заряды не могут быть взорваны по причинам технического характера, они рассматриваются как отказы.

Отказы осложняют ведение горных работ, приводят к травматизму и авариям, наносят экономический ущерб предприятию.

Взрывчатые материалы не взорвавшегося заряда могут менять свои свойства, становиться более чувствительными к механическим воздействиям.

Для проведения работ по ликвидации отказов необходимо соблюдать требования «Инструкции по предупреждению, обнаружению и ликвидации отказавших зарядов ВВ на земной поверхности и в подземных условиях», утвержденной постановлением № 64 Госгортехнадзора (ныне Ростехнадзора) от 15.11.2002 г. Контроль за наличием отказов после массового взрыва, их регистрация и ликвидация должны осуществляться в соответствии с установленным на предприятии порядком, согласованным с Ростехнадзором.

По *внешним признакам* отказы разделяются на открытые, которые обнаруживают при внешнем осмотре, и скрытые, которые при внешнем осмотре выявить нельзя. Скрытые отказы представляют собой повышенную опасность. В целях своевременного обнаружения ранее не установленных дефектов взрыва (отказы, неполная детонация ВВ, СИ, выгорание и др.) машинист экскаватора в процессе выемки горной массы должен следить за состоянием забоя, а в слу-

чае обнаружения дефектов взрыва немедленно прекратить работы и сообщить лицу технического надзора для принятия соответствующих мер.

По количеству различают:

- одиночные отказы, когда отказывает один заряд;
- групповые отказы – это отказ части (двух и более) зарядов, подсоединенных к одному и тому же участку взрывной сети;
- массовые отказы – это отказ всех зарядов, соединенных в общую взрывную сеть.

### ***10.3. Причины отказов при массовых взрывах и их признаки***

Причины, вызывающие отказы, – технические, технологические и организационные.

К техническим причинам относят неудовлетворительное качество ВВ и СВ, неисправность взрывных приборов, а также несоответствие ВМ горнотехническим и горно-геологическим условиям.

Отказы по технологическим причинам связывают с несоответствием принятой технологии, параметров буровзрывных работ и схем взрывания характеристикам разрушаемого массива.

В число организационных причин входят:

- нарушение требований, установленных для подготовки и производства взрывных работ и связанных с низкой квалификацией или производственной дисциплиной персонала;
- неудовлетворительная организация и контроль работ при подготовке ВМ и приборов к применению;
- погрешности персонала взрывных работ при зарядании скважин, монтаже взрывных сетей и взрывании.

Меры по предупреждению перечисленных причин отказов сводятся к созданию условий, исключающих их возникновение.

### ***10.4. Ликвидация отказов***

Во всех случаях, когда заряды не могут быть взорваны по причинам технического характера (неустранимые в течение смены нарушения взрывной сети и т. д.), они рассматриваются как отказы. Каждый отказ подлежит регистрации в специальном журнале.

О времени ликвидации отказа в этом же журнале должна быть сделана соответствующая запись. При обнаружении отказа взрывник обязан выставить возле невзорвавшегося заряда отличительный знак, уведомить представителя технического надзора. До прибытия лиц технического надзора не допускать к месту отказа людей для выполнения работ, не связанных с ликвидацией отказа. Под руководством лица технического надзора провести ликвидацию отказа.

*Способы ликвидации* отказавших зарядов применяют индивидуально. При ликвидации отказа *наружного* заряда ВВ осторожно снимают вручную часть забоечного материала, помещают на отказавший заряд новый боевик, восстанавливают забойку и взрывают заряд в обычном порядке. Ликвидация зарядов, отказавших при массовых взрывах, должна проводиться по проекту, утвержденному руководителем организации.

***Рекомендуемая литература по разделу [3, 7, 11, 16]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие возможны причины отказов ДШ?
2. Что понимают под отказом?
3. В чем состоит опасность отказавших зарядов?
4. Какие правила безопасности в случаях отказов?
5. Какие отказы являются скрытыми?
6. Какие возможны причины отказов скважинных зарядов?
7. Как осуществляется ликвидация отказов наружных зарядов?
8. Как осуществляется ликвидация отказов шпуровых зарядов?
9. Как осуществляется ликвидация отказов скважинных зарядов?
10. Что понимают под одиночным отказом?
11. Что понимают под массовым отказом?
12. В чем причина образования порогов?
13. В чем причина повышенного выхода негабарита?
14. В чем причина выброса породы на верхнюю площадку уступа?

## ***11. Методы испытаний ВМ***

### ***11.1. Разновидность методов испытания ВВ***

При серийном изготовлении ВМ проходят двойной контроль:

- приемо-сдаточные испытания каждой партии на соответствие требованиям действующих нормативов;
- контрольные испытания в заранее установленные сроки.

При проверке качества ВМ определяют их взрывчатые свойства, характеризующие эффективность, в т. ч. скорость детонации, бризантность, работоспособность. Для новых ВВ это теплота взрыва, работа продуктов взрыва, объем, температура и давление газов взрыва. Контролируют взрывчатые свойства ВМ, характеризующие пригодность их к применению, в т. ч. полноту детонации, способность к передаче детонации от патрона к патрону, влажность ВВ, химическую и физическую стойкость.

Для оценки чувствительности и опасности ВВ в обращении определяют чувствительность к тепловому импульсу, к удару и трению, к инициированию, склонность к пылению и электризации.

Для характеристики технологичности применения ВВ определяют сыпучесть, дисперсность, увлажняемость, водоустойчивость, расслаиваемость, смешиваемость.

### ***11.2. Определение скорости детонации***

*Скорость детонации* является основным параметром, характеризующим работоспособность, устойчивость детонации, бризантность и другие показатели, определяющие свойства ВВ.

Общим для всех методов определения скорости детонации является фиксация времени прохождения фронта детонационной волны на определенном отрезке испытуемого ВВ.

Наиболее простой и достаточно точный *осциллографический метод*, основанный на ионизации продуктов взрыва и уменьшении их электрического сопротивления. На определенном расстоянии друг от друга устанавливают датчики, соединенные с осциллографом. При прохождении детонационной волны датчики последовательно подают импульсы, фиксируемые осциллографом, что и позволяет определить время. Скорость детонации определяется отно-

шением расстояния между датчиками ко времени прохождения детонационной волны.

*Метод Дотриша* основан на сравнении известной скорости детонации ДШ со скоростью детонации испытуемого заряда ВВ. Заряд помещается в металлическую трубу (рис. 11.1). На боковой поверхности трубы 1 по оси заряда расположены два отверстия. В эти отверстия вставляют концы отрезков ДШ (ДШ1 и ДШ2). Свободные концы ДШ1 и ДШ2 крепятся на пластинке 2. Испытуемый заряд ВВ инициируют капсулом-детонатором КД.

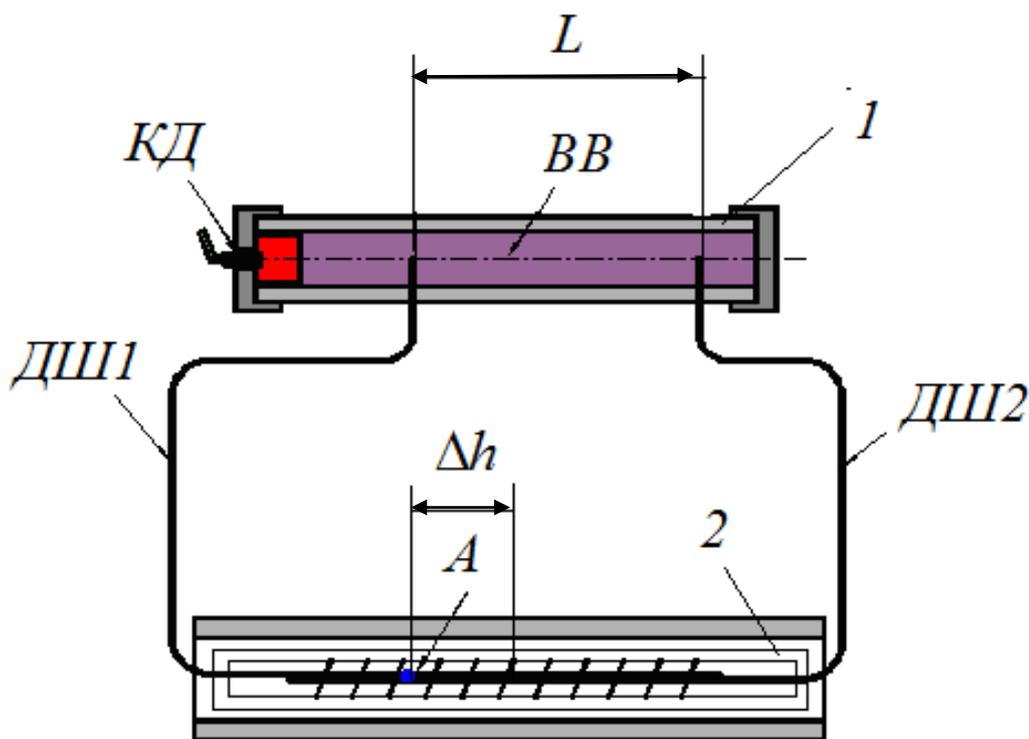


Рис. 11.1. Схема стенда для определения скорости детонации методом Дотриша

При взрыве КД детонация распространяется по ДШ1, заряду ВВ и по ДШ2. В месте встречи детонационных волн на пластинке 2 образуется углубление A на расстоянии  $\Delta h$  от середины участка совмещенных концов ДШ1 и ДШ2. Расчет скорости детонации ВВ производится исходя из равенства времени распространения детонационных волн по обеим ветвям детонирующего шнура до места встречи.

$$D_x = D_{\text{ш}} \frac{L}{\Delta h}, \quad (11.1)$$

где  $D_{\text{ш}}$  – скорость детонации ДШ, м/с;  $L$  – длина заряда ВВ, м;  $\Delta h$  – расстояние от середины участка совмещенных концов ДШ до точки встречи детонационных волн, м.

### **11.3. Испытание ВВ на полноту детонации**

Проверку проводят для определения детонационной способности патронов ВВ. Патроны укладывают в ряд торцами встык. Заряд активного патрона инициируют капсюлем-детонатором. Полноту детонации неактивного патрона определяют по углублению в грунте на месте расположения патрона. Допускается наличие на месте взрыва и на некотором расстоянии разбросанных отдельных гранул ВВ и кусочков его бумажной оболочки. Партия ВВ считается выдержавшей испытание, если в трех опытах зафиксирована полнота детонации, в противном случае число испытаний удваивают. По результатам вторичных испытаний выпускают или бракуют данную партию ВВ.

### **11.4. Испытание ВВ на передачу детонации**

При зарядании шпуров патронированными ВВ между патронами могут оставаться воздушные промежутки. При взрыве такого заряда детонационная волна на границе «ВВ – воздух» переходит в ударную волну, и в воздухе происходит ее затухание. Если качество ВВ нормальное, то энергии в ударной волне достаточно для возбуждения детонации в торце следующего патрона.

Испытание на передачу детонации проводится для проверки соответствия чувствительности ВВ паспортным данным. На определенном расстоянии  $X$  (рис. 11.2) укладывают по одной

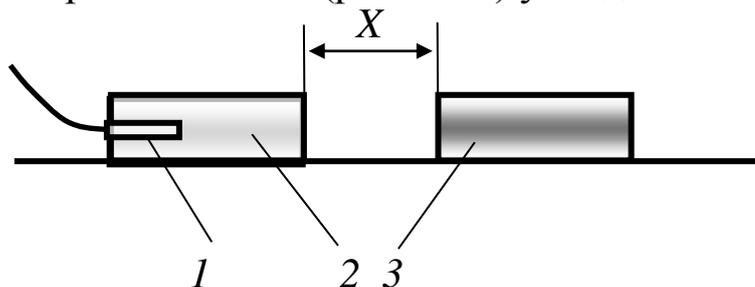


Рис. 11.2. Схема стенда для испытания ВВ на передачу детонации

оси два патрона 2 и 3. Патрон 2 инициируют при помощи КД 1. О полноте детонации судят по углублению в грунте, отсутствию остатков бумаги и ВВ. Считается, что ВВ прошло испытание, если при двух взрывах отказов не произошло. В случае отказа число опытов удваивают. Если отказы повторяются, партию ВВ бракуют.

### 11.5. Определение работоспособности ВВ

Работоспособность ВВ характеризует его способность проводить фугасную и дробящую работу за счет расширяющихся в объеме газообразных продуктов детонации. Для определения работоспособности ВВ, в зависимости от специфики области его применения, используют:

- пробу Трауля;
- баллистический маятник;
- баллистическую мортиру.

*Испытание ВВ в свинцовой бомбе (проба Трауля)* заключается в том, что в осевой канал (диаметром 25 мм и длиной 125 мм) свинцовой бомбы 1 в виде цилиндра высотой и диаметром 200 мм помещают заряд ВВ 2 массой 10 г. В заряд ВВ 2 устанавливают электродетонатор 3. Сверху засыпают песчаную забойку 4 (рис. 11.3).

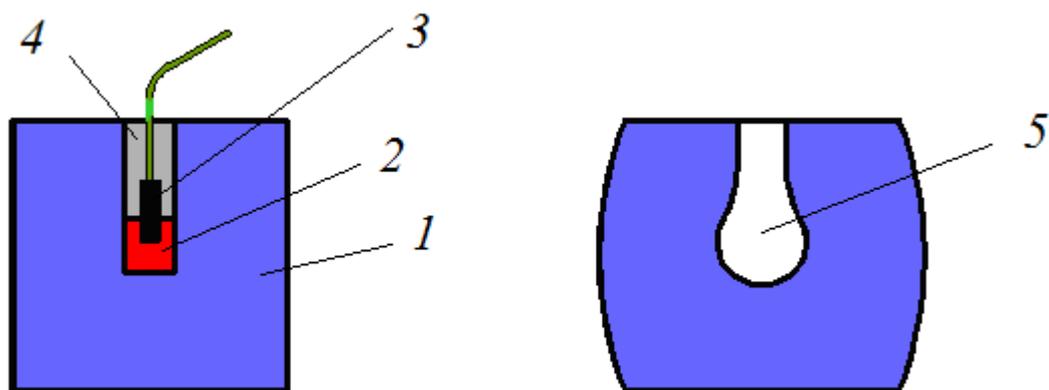


Рис. 11.3. Схема определения работоспособности ВВ в свинцовой бомбе:  
1 – бомба; 2 – заряд ВВ; 3 – ЭД; 4 – забойка; 5 – вздутый канал

После взрыва заряда ВВ 2 в бомбе 1 образуется вздутие 5. Объем канала до и после испытания определяют с помощью воды и мерной колбы. Мера относительной работоспособности ВВ

определяется величиной раздутия канала за вычетом объема расширения, производимого электродетонатором ( $30 \text{ см}^3$ ).

Испытание ВВ на работоспособность с использованием баллистического маятника основано на определении угла отклонения маятника при сравнении результатов взрыва испытуемого и эталонного ВВ. Действие открытого заряда ВВ 3, размещенного перед экраном 5 (рис. 11.4, а), воспринимается носиком 2 маятника 1.

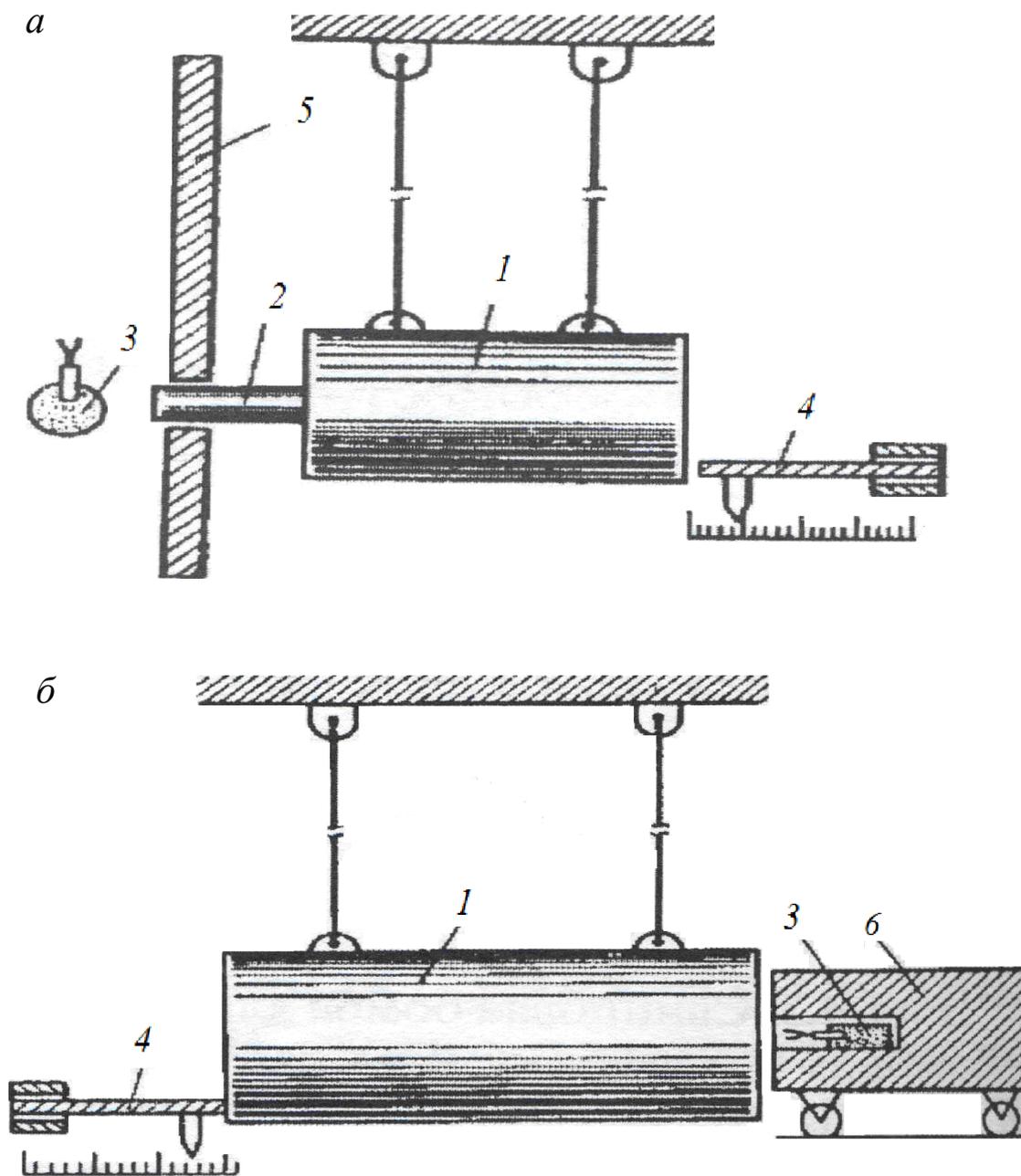


Рис. 11.4. Баллистический маятник: а – с открытым зарядом; б – заряд ВВ в мортире; 1 – маятник; 2 – носик; 3 – заряд ВВ; 4 – измеритель отклонения маятника; 5 – защитный экран; 6 – мортира

При взрывании в мортире (рис. 11.4, б) заряд 3 массой до 400 г помещают в канал мортиры 6. При взрыве ВВ происходит отклонение маятника 1, фиксируемое измерителем отклонения 4. По величине отклонения судят о работоспособности ВВ.

Испытание ВВ на работоспособность с использованием баллистической мортиры по принципу действия аналогично предыдущему. Разница в том, что вместо маятника подвешивается сама мортира.

### 11.6. Определение бризантности ВВ

Бризантность ВВ характеризует дробящее действие заряда, например горной породы. Бризантность определяют воздействием ударной волны от заряда ВВ на свинцовый цилиндр (*проба Гесса*).

На стальную плиту 1 устанавливают свинцовый цилиндр 2 высотой 60 мм и диаметром 40 мм (рис. 11.5). На свинцовый цилиндр 2 помещают стальной диск 3, на который устанавливают заряд ВВ 4 массой 50 г, размещенный в бумажной оболочке. Для инициирования ВВ используется электродетонатор 5.

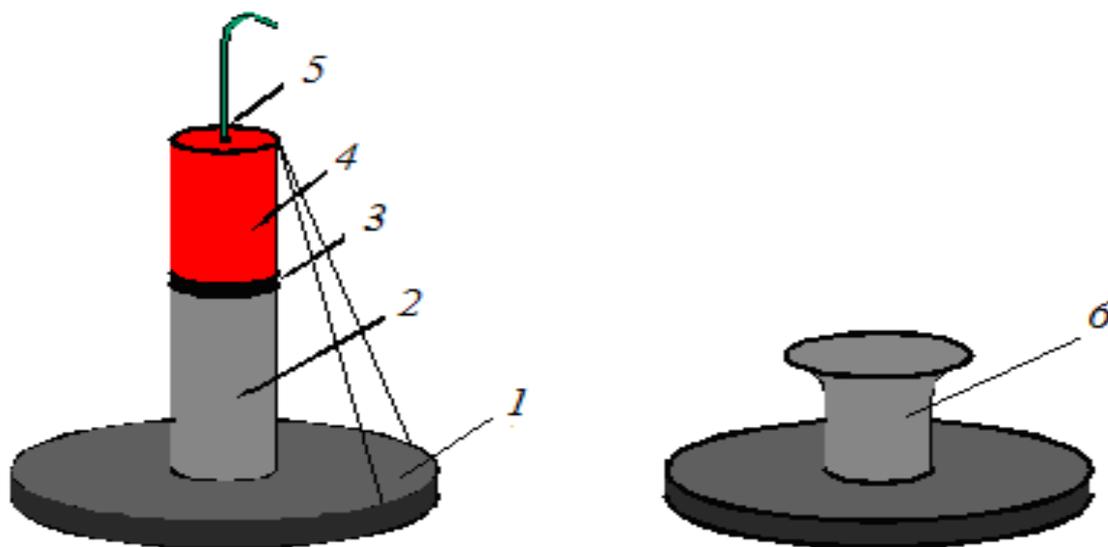


Рис. 11.5. Схема определения бризантности по Гессу

При взрыве ВВ 4 свинцовый цилиндр 2 деформируется, приобретая грибовидную форму 6. Бризантность оценивается разностью средних высот свинцового цилиндра 2 до и после взрыва.

### 11.7. Определение объема и состава газов при взрыве

Для определения объема и состава газов при взрыве в лабораторных условиях используют бомбу Долгова 5 емкостью 50 л. В ней взрывают заряд испытуемого ВВ 6 массой 100 г (рис. 11.6). После чего измеряют давление в камере 1 и отбирают пробы газа на анализ. Анализ газов производят газоанализаторами, избирательно реагирующими на каждый газ.

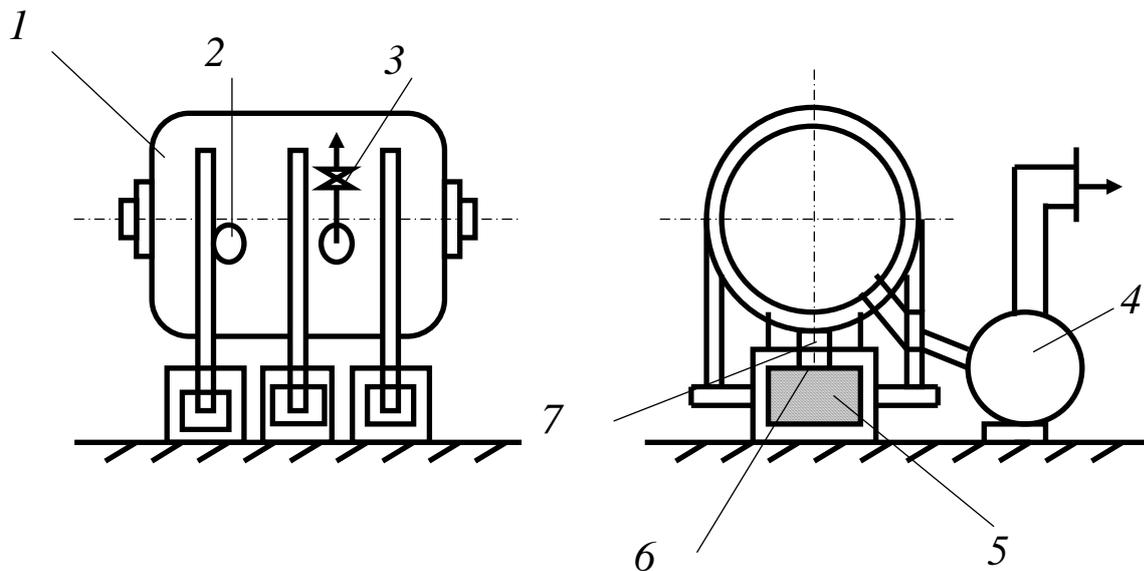


Рис. 11.6. Схема газовой камеры:

- 1 – корпус камеры; 2 – клеммы для подсоединения взрывной магистрали;  
3 – место отбора проб газа; 4 – вентилятор; 5 – бомба Долгова;  
6 – заряд ВВ; 7 – забойка

После охлаждения бомбы до комнатной температуры измеряется избыточное давление ПВ и пересчитывается на объем газов взрыва, приходящихся на 1 кг ВВ.

### 11.8. Определение теплоты взрыва

Теплота взрыва является одной из основных характеристик эффективности ВВ при разрушении пород. Теоретически, зная затраты энергии на разрушение единицы объема породы и энергию, выделяемую при взрыве единицы массы ВВ, можно оценить эффективность испытуемого ВВ.

Экспериментально теплоту взрыва определяют в калориметрической установке, состоящей из стальной бомбы 1 и жидкостного калориметра 2 (рис. 11.7). Из бомбы 1, снаряженной ВВ 3 с детонатором 4, откачивают воздух. Бомбу 1 помещают в калориметр 2 с жидкостью 5. Взрывают заряд ВВ 3. Температуру жидкости определяют термометром 6. Теплоту, выделившуюся при взрыве, вычисляют по разности температур жидкости в калориметре до взрыва и после охлаждения в ней бомбы после взрыва.

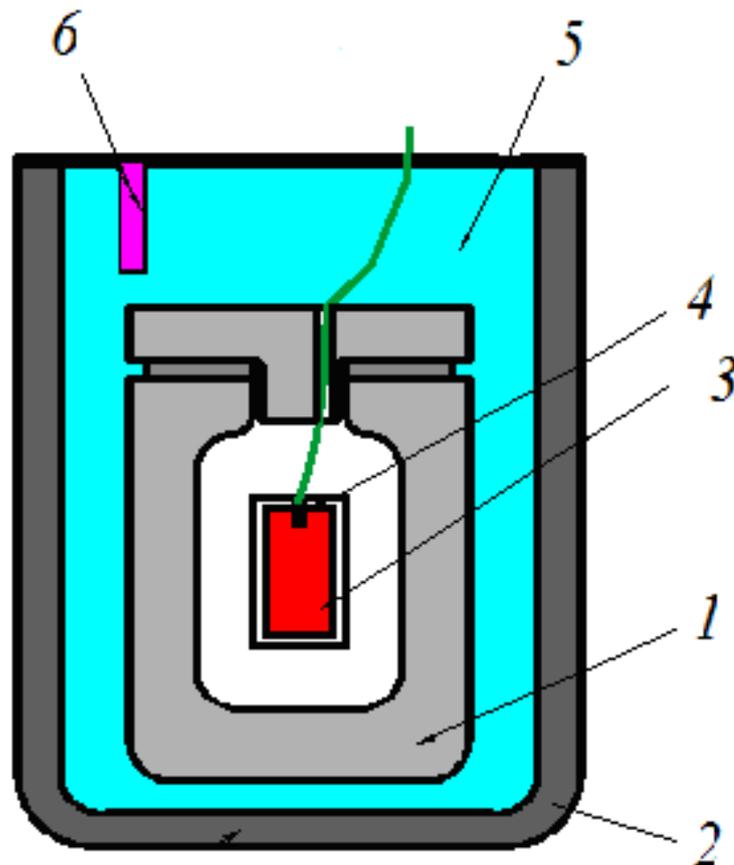


Рис. 11.7. Схема установки для определения теплоты взрыва

Количество тепла, выделившегося при взрыве, вычисляют по формуле

$$Q = \frac{(MC_{\text{б}} + mC_{\text{ж}})(T_{\text{к}} - T_0)}{G} 1000, \quad (11.2)$$

где  $M$  – масса бомбы, кг;  $C_{\text{б}}$  – удельная теплоемкость материала бомбы, ккал/кг;  $m$  – масса жидкости, кг;  $C_{\text{ж}}$  – удельная теплоемкость жидкости, ккал/кг;  $T_{\text{к}}, T_0$  – конечная и начальная температура жидкости, град;  $G$  – масса ВВ, кг.

### 11.9. Определение чувствительности ВВ

Чувствительность ВВ к механическим и тепловым воздействиям представляет серьезную проблему при любых работах с ВВ. Восприимчивость к определенному внешнему импульсу (удару, трению, нагреванию) вызывает детонацию заряда. Она зависит от свойств ВВ, его состояния (порошкообразное, гранулированное, литое и т. п.), температуры, влажности и других условий. При изготовлении, транспортировке и обращении с ВВ необходимо учитывать эти характеристики.

Чувствительность ВВ к удару определяют на специальном копре или приборе, состоящем из двух роликов 3, установленных в направляющей обойме 2, которая в свою очередь располагается на поддоне 1 (рис. 11.8). На навеску ВВ 4 массой 0,05 г, заключенную между двумя металлическими поверхностями роликов 3, сбрасывают грузы. В качестве критерия чувствительности принимается процент взрывов из 25 испытаний при сбрасывании груза 10 кг с высоты 0,25 м.

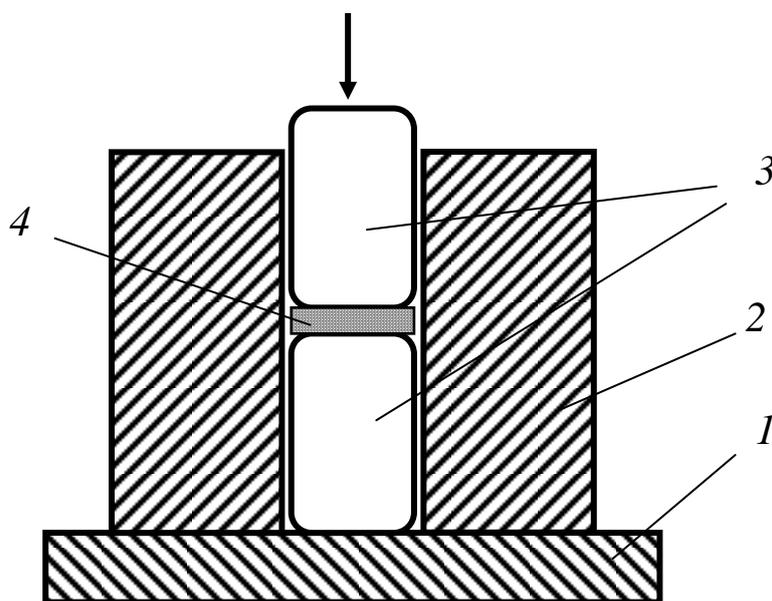


Рис. 11.8. Схема стенда для определения чувствительности ВВ

Испытания на чувствительность ВВ к трению производятся на маятнике трения за счет скользящего удара, либо используется прибор, аналогичный тому, что представлен на рис. 11.8. При статической нагрузке на верхний ролик 3 его вращают с некоторой скоростью. Определяется усилие, при котором произойдет взрыв.

*Чувствительность ВВ к тепловому воздействию* определяют по температуре вспышки навески ВВ. Для большинства ВВ температура вспышки составляет 170–350 °С. Например, для нитроглицерина температура вспышки составляет 200 °С, гексогена – 230 °С, тротила – 290 °С, азида свинца – 315 °С, аммонита 6ЖВ – 320 °С.

При нагревании ВВ возникает саморазвивающийся процесс разложения ВВ, заканчивающийся воспламенением и взрывом. Минимальное значение температуры при максимальном времени нагревания, при котором происходит вспышка ВМ, называется температурой начала интенсивного разложения.

### ***11.10. Методы уничтожения ВМ***

Уничтожают ВМ в том случае, если они непригодны к использованию, истек срок их годности или при ликвидации предприятия.

Уничтожают ВМ взрыванием и сжиганием.

Если может быть обеспечена полнота взрыва, то ДШ, ВВ, детонаторы уничтожают взрыванием. Детонаторы взрывают в заводских коробках, зарытых в землю, для обеспечения их полной детонации и во избежание разброса. ВВ с пониженной детонационной способностью взрывают в специальных ямах, закрытых щитами. Используют электрическое, электроогневое взрывание при помощи патронов-боевиков, укладываемых сверху на уничтожаемые ВВ.

Сжиганием уничтожают ВВ, которые утратили свои детонационные свойства, и пороха. ВВ сжигают массой не более 2 кг. Сжигать ВВ в заводской таре запрещено. Костры поджигают огнепроводным шнуром или легковоспламеняющимся материалом длиной не менее 5 м. Обнаруженные остатки несгоревших ВМ собирают и сжигают повторно.

***Рекомендуемая литература по разделу [2, 4, 7]***

### ***Контрольные вопросы***

1. Метод определения бризантности ВВ.
2. Метод определения скорости детонации ВВ.
3. Метод определения работоспособности ВВ.
4. Метод определения объема и состава газов при взрыве.

## *Заключение*

Безопасность ведения буровзрывных работ прежде всего связана с четким исполнением персоналом норм и правил, сформулированных в федеральных законах и ведомственных приказах Ростехнадзора. Поэтому управление безопасностью на буровзрывных работах основано на тесном взаимодействии всех элементов системы, входящих в этот технологический цикл. Неправильные действия персонала, занятого взрывными работами, некомпетентность в отношении используемых ими взрывчатых материалов, пренебрежение опасными ситуациями приводят к травматизму не только персонала, но и людей, случайно оказавшихся в пределах опасных зон. Только профессиональные навыки, полученные при обучении, позволят с учетом всех требований безопасности проектировать и выполнять буровзрывные работы.

В учебном пособии невозможно отразить все аспекты технологии и безопасности БВР в полном объеме. Оно является дополнением к базовым учебникам по дисциплине. Однако некоторые приведенные в нем моменты технологии приготовления промышленных ВВ, условия их применения на разрезах, принципы построения схем инициирования скважинных зарядов с различным сочетанием средств инициирования, основы управления качеством подготовки горной массы изменением конструкции заряда и времени замедления при короткозамедленном взрывании позволят получить знания, необходимые на стадии решения инженерных задач по обеспечению безопасности БВР.

В совокупности с теми знаниями, которые приобретаются при изучении таких дисциплин, как «Процессы горного производства» и «Технология открытых горных работ», студенты специализации «Открытые горные работы», изучив материал, изложенный в учебном пособии, получат профессиональные навыки, необходимые для того, чтобы при курсовом и дипломном проектировании технологии взрывных работ и в конкретных горнотехнических условиях принять правильные инженерные решения.

## Приложение

### Пример расчета основных параметров короткозамедленного взрывания

*Условия и параметры:* взрыв на косогоре 50 м над уровнем горных работ, коэффициент крепости взрываеваемых пород  $f = 6$ , высота уступа  $h = 15$  м, диаметр наклонной скважины  $d = 0,2$  м, число рядов скважин 3, расстояние между скважинами в ряду  $a = 6$  м, расстояние между рядами  $b = 5$  м, глубина скважины  $l_{\text{СКВ}} = 16,5$  м, длина заряда  $l_{\text{зар}} = 10$  м, верхняя часть скважины заполняется забойкой, используется сибирит 1000, общая масса ВВ 200 т.

#### 1. Время замедления

*Решение.* При диагональной схеме и использовании НСИ Искра для монтажа сети определяем угол диагонали  $\alpha = 40^\circ$ . Линия наименьшего сопротивления между диагоналями по формуле (6.4) равна  $W_{\text{ф}} = 6 \cdot \sin 40^\circ = 3,8$  м. По табл. 5.1 определяем скорость продольной волны  $C = 1500$  м/с, а затем по графику (см. рис. 6.8) определяем время замедления между диагоналями, равное 50 мс. Принимаем Искра-П с замедлением 42 мс, выпускаемым промышленностью. Для пород средней крепости, коэффициент замедления  $A = 15$  мс/м. Получаем время замедления между рядами 70 мс. Принимаем Искра-П с замедлением 67 мс, выпускаемым промышленностью. По табл. 7.2 выбираем Искра-С с замедлением 450 мс. Строим схему инициирования скважинных зарядов (см. рис. 7.9).

#### 2. Расстояние по разлету отдельных кусков породы

*Решение.* Расчетное значение расстояния по разлету отдельных кусков породы  $r_{\text{разл}}$  определяется по формуле (8.1). Коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом  $\eta_3 = 10/16,5 = 0,61$ ;  $\eta_{\text{заб}} = 1$ . Тогда:

$$r_{\text{разл}} = 1250 \cdot 0,61 \sqrt{\frac{0,2 \cdot 6}{3,8(1+1)}} = 347 \text{ м.}$$

Принимаем расчетное значение безопасного расстояния 350 м.

#### 3. Определить безопасное расстояние в условиях косогора

*Решение.* Расчетное значение радиуса опасной зоны 350 м.

Коэффициент, учитывающий рельеф местности, определяется

по формуле (8.4):

$$K_p = 0,5 \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 50}{350}} \right] = 1,127.$$

Расчетное безопасное расстояние по разлету отдельных кусков породы по формуле (8.5)

$$R_{\text{разл}} = 350 \cdot 1,127 = 395,45 \text{ м.}$$

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

#### **4. Определить радиус опасной зоны по действию УВВ**

*Решение.* Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны (УВВ) на земной поверхности для зданий и сооружений при полном отсутствии повреждений для условий взрывания с замедлением очередной скважины определится по формуле (8.6):

$$r_{\text{в}} = 30 \sqrt[3]{455} = 230 \text{ м.}$$

При отрицательной температуре воздуха расстояние увеличивается в 1,5 раза, тогда получим 350 м.

#### **5. Безопасное расстояние по действию УВВ на человека**

*Решение.* Расстояние, безопасное по действию на человека ударной воздушной волны наружного заряда, следует определять по формуле (8.13):

$$r_{\text{min}} = 15 \sqrt[3]{455} = 115 \text{ м.}$$

Окончательно расстояние следует увеличить в 3 раза и округлить до величины кратной 50 м. Тогда получим 350 м.

Таким образом, радиус опасной зоны для рассматриваемого взрыва по наибольшему из определенных расстояний принимаем равным 400 м.

#### **6. Определить радиус опасной зоны по действию ядовитых газов**

*Решение.* Безопасное расстояние по действию ядовитых газов рассчитывается при взрыве ВВ массой более 200 т по формуле (8.22):

$$r_{\text{г}} = 160 \sqrt[3]{200000} (1 + 0,5 \cdot 3) = 23390 \text{ м.}$$

## *Список рекомендуемой литературы*

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

2. Катанов, И. Б. Низкоплотные материалы в конструкции скважинных зарядов на карьерах / И. Б. Катанов, В. С. Федотенко. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2012. – 124 с.

3. Ковалев, В. А. Управление промышленной безопасностью в Кузбассе / В. А. Ковалев // Безопасность угледобычи : Отдельный выпуск. Горный информ.-аналит. бюл., № 17, 2007. – С. 9–27.

4. Кутузов, Б. Н. Проектирование и организация взрывных работ : учебник / под общей ред. Б. Н. Кутузова. – Москва : Горная книга, 2012. – 416 с.

5. Кутузов, Б. Н. Справочник взрывника : в 2 ч. Ч. I. Общие сведения по взрыванию / Б. Н. Кутузов. – Москва : Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014. – 216 с. – (Библиотека горного инженера. Т. 10 «Взрывное дело». Кн. 1).

6. Кутузов, Б. Н. Справочник взрывника : в 2 ч. Ч. II. Техника, технология и безопасность взрывных работ / Б. Н. Кутузов. – Москва : Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014. – 304 с. – (Библиотека горного инженера. Т. 10 «Взрывное дело». Кн. 1).

7. Кутузов, Б. Н. Технология и безопасность изготовления и применения взрывчатых веществ на горных предприятиях / Б. Н. Кутузов, Г. А. Нишпал : учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – Москва : Изд-во МГГУ, 2004. – 246 с.

8. Кушнеров, П. И. Безопасность взрывных работ на угольных шахтах и разрезах. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2005. – 611 с.

9. Кузнецов, В. И. Повышение эффективности взрывных работ на разрезах Кузбасса / В. И. Кузнецов, А. С. Ташкинов, А. В. Бирюков. – Кемерово : Кем. кн. изд-во, 1989. – 168 с.

10. Открытые горные работы : справочник / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Винницкий, Н. Н. Мельников [и др.]. – Москва : Горное бюро, 1994. – 590 с.

11. Правила безопасности при взрывных работах. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Утв. при-

казом Ростехнадзора от 16.12.2013 № 605. – Екатеринбург, 2014. – 280 с.

12. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке полезных ископаемых. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Утверждены приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599. – Екатеринбург, 2014. – 212 с.

13. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ-05-619-03). – Москва : ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 144 с.

14. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации. Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.09.2011 № 537.

15. Патент РФ № 2291391 МПК F 42D 1/18/. Способ рассредоточения и забойки скважинного заряда / И. Б. Катанов. – Оpubл. 10.01.2007. Бюл. № 1. – 5 с.

16. Репин, Н. Я. Подготовка горных пород к выемке : учеб. пособие. – Москва : Мир горной книги, 2009. – 188 с.

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

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

**Катанов Игорь Борисович  
Ковалев Владимир Анатольевич**

**УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ  
НА КАРЬЕРАХ**

**Учебное пособие**

Редактор З. М. Савина

Подписано в печать 14.04.2016. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Уч.-изд. л. 10,0  
Тираж 500. Заказ.....

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28  
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а