

Для служебного пользования

**Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий
стихийных бедствий**

СПРАВОЧНИК СПАСАТЕЛЯ

Книга 10

**ПРОИЗВОДСТВО ВЗРЫВНЫХ РАБОТ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ
И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ
В РАЗЛИЧНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**Москва
ВНИИ ГОЧС – 2006**

В книге изложены справочные сведения о технике и технологии проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в различных ЧС с использованием энергии взрыва, рассмотрены условия применения взрывных технологий, даны сведения о взрывчатых веществах, о средствах, способах и методах взрывания, о расчете зарядов, использовании взрывных технологий для решения типовых задач ликвидации последствий ЧС, об основах организации и обеспечении безопасности взрывных работ.

Справочник предназначен для руководителей и специалистов РСЧС, командиров и личного состава подразделений и формирований, привлекаемых для производства взрывных работ при проведении АСДНР, а также для преподавателей и слушателей учебных заведений МЧС России, для специалистов других организаций, участвующих в выполнении взрывных работ.

Авторский коллектив: к.т.н. Гребенюк А.М., д.т.н. Одинцов Л.Г., Васильев В.А., Шеломенцев С.В.

Справочник спасателя. Книга 10. Производство взрывных работ при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в различных чрезвычайных ситуациях. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2006. – 224 с.: ил.

Введение

Чрезвычайные ситуации, независимо от характера и причин их возникновения, порождают сложные инженерные задачи, связанные с выполнением больших объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ. Сложность, опасность и ограниченные сроки их выполнения определяют необходимость широкого использования энергии взрыва, которая способна быстро выполнить большой объем АСДНР и тем самым создать благоприятные условия для сокращения общих сроков и стоимости работ.

Необходимость и целесообразность применения взрыва в ЧС обычно обусловлена потребностью быстрого перемещения взрывом больших масс грунта, скальных пород, льда или снега, например, для возведения селезащитных плотин, защитных дамб и каналов при наводнениях, устройства котлованов и рвов для сбора опасных веществ при авариях на предприятиях нефтяной и химической промышленности, для расчистки снежных завалов, ледяных заторов и др.

Взрывные работы целесообразно также применять при обрушении аварийных зданий и сооружений, разрушении элементов конструкций из различных материалов.

Эффективное выполнение этих работ связано с наличием в структуре МЧС России надежной системы применения взрыва в чрезвычайных ситуациях, при комплексной увязке технологии с безопасностью работ. Для обеспечения полной безопасности для людей и охраняемых объектов необходимо проектировать и применять безопасную технологию производства взрывных работ. Она включает выбор рациональных и эффективных параметров работ и технологию производства, прогноз воздействия ударных к сейсмическим волн взрыва и дальности разлета фрагментов взорванных конструкций, разработку способов и мероприятий по снижению вредных эффектов взрывов и их локализаций. Взрывные работы должны выполняться в строгом соответствии с требованиями “Единых правил безопасности при взрывных работах” и разработанной, согласованной и утвержденной проектной документацией.

В предлагаемом “Справочнике спасателя. Книга 10” рассмотрены все эти и другие вопросы, которые возникают при использовании взрывных технологий. Справочник рассчитан на руководящих работников спасательных служб всех уровней, на спасателей и специалистов по взрывным работам, привлекаемым для ликвидации последствий ЧС; он будет полезен при подготовке и переподготовке работников спасательных служб всех звеньев.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
Перечень сокращений и условных обозначений.....	8
1. Чрезвычайные ситуации и другие условия, требующие применения взрывных технологий при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.....	10
1.1. Ледяные заторы и зажоры	10
1.2. Паводки и наводнения.....	13
1.3. Сели, лавины и завалы	15
1.3.1. Сели.....	15
1.3.2. Лавины	18
1.3.3. Завалы	20
1.4. Лесные и торфяные массовые пожары	22
1.4.1. Лесные пожары	22
1.4.2. Торфяные пожары	26
2. Взрывчатые вещества и средства инициирования (взрывания)	29
2.1. Классификация взрывчатых веществ	31
2.2. Характеристики взрывчатых веществ.	36
2.2.1. Иницирующие взрывчатые вещества	36
2.2.2. Взрывчатые вещества на основе нитросоединений	37
2.2.3. Взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры	41
2.2.4. Нитроэфирсодержащие взрывчатые вещества	46
2.2.5. Взрывчатые вещества на основе твердых и жидких окислителей	46
2.2.6. Предохранительные взрывчатые вещества	46
2.2.7. Взрывчатые составы и смеси	47
2.2.8. Заряды взрывчатых веществ	49
2.3. Средства инициирования	53
2.3.1. Капсюли-детонаторы и электродетонаторы	54
2.3.2. Электродетонаторы мгновенного действия	55
2.3.3. Электродетонаторы короткозамедленного и замедленного действия	58
2.3.4. Электродетонаторы предохранительные короткозамедленного действия	59
2.3.5. Электродетонаторы замедленного действия, защищенные от наводимых токов	62
2.3.6. Электродетонаторы высоковольтные	63
2.3.7. Электродетонаторы и электровоспламенители термостойкие	64

2.4	Детонирующие шнуры общего назначения	65
2.5.	Термостойкие и короткозамедленные детонирующие шнуры	67
2.6	Огнепроводные шнуры	70
2.7	Электрозажигательные и зажигательные трубки.....	70
2.8	Средства зажигания электропроводных шнуров	71
3.	Способы взрывания зарядов.....	75
3.1.	Классификация способов взрывания	75
3.2.	Огневой и электроогневой способы взрывания	76
3.3.	Взрывание детонирующим шнуром	78
3.4.	Электрический способ взрывания	79
3.5.	Приборы взрывания и контрольно-измерительные приборы для электрического взрывания.....	87
3.6.	Мгновенное, замедленное и короткозамедленное взрывание	93
4.	Методы проведения взрывных работ	96
4.1.	Метод наружных (накладных) зарядов	96
4.2.	Метод шпуровых зарядов	98
4.3.	Метод скважинных зарядов	100
4.4.	Метод котловых зарядов	102
4.5.	Метод камерных зарядов	104
4.6.	Бурение шпуров и скважин.....	105
4.7.	Технические характеристики перфораторов	110
5.	Расчет зарядов для разрушения элементов конструкций из различных материалов, горных пород, льда и зарядов для подводных работ	112
5.1.	Корчевание пней и валка деревьев	112
5.2	Разрушение элементов конструкций из дерева	114
5.3.	Разрушение элементов конструкций из металла	117
5.4.	Разрушение элементов конструкций из кирпича, камня, бетона и железобетона	119
5.5.	Разрушение грунтов, мерзлых грунтов и торфа.....	121
5.5.1.	Заряды выброса и рыхления	123
5.5.2.	Предельные заряды рыхления – камуфлеты	125
5.5.3.	Заряды для рыхления мерзлых грунтов и торфа	127
5.6.	Подводное взрывание и дробление льда	131
5.6.1.	Взрывчатые вещества и средства инициирования	131
5.6.2.	Гидроизоляция зарядов неводоустойчивых ВВ	133
5.6.3.	Заряды для подводных взрывных работ	134
5.7.	Заряды для дробления льда и ледяных заторов	137

6.	Использование взрывных технологий при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ	142
6.1.	Использование взрывных работ для предупреждения и ликвидации ледовых заторов	142
6.2.	Взрывные работы при паводках и наводнениях.....	149
6.3.	Применение взрывных работ для борьбы с селями.....	154
6.4.	Применение взрывных работ для расчистки снежных завалов	162
6.5.	Производство взрывных работ при авариях на предприятиях нефтяной, газовой и химической промышленности	164
6.6.	Производство взрывных работ при авариях на атомных и тепловых электростанциях	165
6.7.	Взрывные работы при обрушении зданий и сооружений.....	170
7.	Обеспечение безопасности при проведении взрывных работ	181
7.1.	Общие правила и меры безопасности.....	181
7.2.	Расчет безопасных расстояний	189
7.2.1.	Опасная зона по разлету отдельных кусков породы (грунта)	190
7.2.2.	Сейсмически безопасные расстояния при взрывах.....	191
7.2.3.	Безопасные расстояния по действию ударной воздушной волны	194
7.3.	Основные способы снижения взрывных нагрузок и расчет параметров места взрыва	196
7.4.	Защитные укрытия места взрыва	202
8.	Основы организации производства взрывных работ	205
8.1.	Организация сбора данных об аварийных объектах	205
8.2.	Функциональные обязанности должностных лиц по организации взрывных работ	207
8.3.	Основные требования и рекомендации по применению взрывчатых материалов в чрезвычайных ситуациях.....	208
8.4.	Требования к проектной документации по производству взрывных работ.....	210
	Литература	214
	Приложение. Основные понятия и определения	219

Предисловие

Взрывные технологии во многих случаях позволяют резко сократить сроки и облегчить проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР). В некоторых ЧС такие технологии являются единственным эффективным способом проведения АСДНР (ликвидация ледяных заторов, восстановление дамб, обрушение остатков здания, сооружений и т.д.).

Необходимость и целесообразность применения взрыва в ЧС во многих случаях вызваны потребностью быстрого перемещения взрывом больших масс грунта, скальных пород, льда или снега, например, для возведения селезащитных плотин, защитных дамб и каналов при наводнениях, для устройства котлованов и рвов для сбора вредных и отравляющих аварийно-химически опасных веществ при авариях на предприятиях нефтяной и химической промышленности, для расчистки снежных завалов, ледяных заторов и др.

Взрывные работы целесообразно применять также при обрушении аварийных зданий и сооружений, разрушении элементов конструкций из различных материалов, при уничтожении взрывоопасных предметов, обнаруженных в ходе очистки местности, при ликвидации ЧС.

Специальные взрывные работы проводятся в чрезвычайных ситуациях, как правило, в сложных условиях. Из-за отсутствия достоверных данных о реальном состоянии аварийных объектов и непредсказуемости развития обстановки они представляют повышенную опасность.

Поэтому выполнение взрывных работ требует создания надежной системы применения взрыва в чрезвычайных ситуациях при комплексной увязке технологии с безопасностью работ. Для обеспечения полной безопасности для людей и охраняемых объектов необходимо проектировать и тщательно отрабатывать безопасную технологию производства взрывных работ. Она включает выбор рациональных и эффективных параметров технологии производства, прогноз воздействия ударных и сейсмических волн взрыва и дальности разлета фрагментов взорванных конструкций, разработку способов и мероприятий по снижению вредных эффектов взрывов, их локализацию и т.д.

По взрывным технологиям имеется достаточно обширная литература, охватившая вопросы взрывных работ в горном, военном деле, в строительстве. Однако практически отсутствует литература по использованию взрывных технологий при проведении АСДНР. Поэтому издание справочника является своевременным и актуальным.

Перечень сокращений и условных обозначений

АНЗ – Академия Гражданской защиты
АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы
АЭС – атомная электростанция
БВР – буровзрывные работы
БР – буровые работы
ВВ – взрывчатые вещества
ВМ – взрывчатые материалы
ВР – взрывные работы
ВУ – взрывное устройство
ГГТН – Госгортехнадзор
ГТС – гидротехнические сооружения
ДШ – детонирующий шнур
ЗВ – замедленное взрывание
ЗКЛ – заряд кумулятивный линейный
КД – капсюли-детонаторы
КЗ – кумулятивный заряд
КЗВ – короткозамедленное взрывание
КЗДШ – короткозамедленный ДШ (пиротехническое реле)
КЗК – кумулятивный заряд кольцевой
КЗУ – кумулятивный заряд удлиненный
КРВ – комплект разведки воздушный
ЛНС – линия наименьшего сопротивления
ЛМ – линейный мост
ЛЭП – линия электропередач
ОШ – огнепроводный шнур
ОШДА – двойной асфальтированный огнепроводный шнур
ПВВ – пластичные взрывчатые вещества (составы)

ПД – промежуточный детонатор
ППР – проект производства работ (буровзрывных)
ПР – подрывные работы
РП – реле пиротехническое
СИ – средства инициирования
СВ – средства взрывания
СЗ – сосредоточенный заряд
ТЭН – тетранитропентаэритрит, пентрит
ТНРС – тринитрорезорцинат свинца
УВ – ударная волна
УВВ – ударная воздушная волна
УЗ – удлиненный заряд
УКЗ – удлиненный заряд кумулятивный
ЧС – чрезвычайная ситуация
ШКЗ – шпуровой кумулятивный заряд
ЭВВ – эластичное взрывчатое вещество (состав)
ЭВС – электровзрывная смесь
ЭВС – электровзрывная сеть (по тексту)
ЭД – электродетонатор
ЭДКЗ – электродетонатор короткозамедленного действия

1. Чрезвычайные ситуации и другие условия, требующие применения взрывных технологий при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ

Взрывные технологии (приложение 1) с наибольшим эффектом применяются при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в следующих случаях: 1) ликвидация ледяных заторов и зажоров; 2) предупреждение и борьба с последствиями паводков и наводнений; 3) борьба с последствиями схода лавин, селей, обвалов; 4) обрушение здания, сооружений, кирпичных и бетонных промышленных труб и других объектов; 5) восстановление проходов и проездов при различных ЧС, связанных с образованием разрушений, перемещение больших масс земли, снега и т.д.; 6) локализация лесных и торфяных пожаров; 7) “перебивание” деревьев, плит, труб, столбов и других отдельных элементов конструкций, а также “проделывание” лазов, ходов в монолитных конструкциях.

Наиболее типовые операции при использовании взрывных технологий следующие: 1) проделывание проходов, проездов, каналов, воронок и других углублений заданной конфигурации на поверхности льда, снега, земли, грязекаменной массы и т.д.; 2) перемещение грунтовых и других масс с целью образования возвышений (перекрытие каналов, получение брустверов, плотин, гребней и т.д.); 3) освобождение от ледяных и деревянных заторов водных пространств; 4) полное или локальное разрушение бетонных, кирпичных, скальных, деревянных, ледяных и других сооружений и образований.

При проведении АСДНР часто комбинируют эти операции, применяют их последовательно или параллельно, а также используют взрывные технологии в сочетании с обычными традиционными методами и приемами выполнения АСДНР.

1.1. Ледяные заторы и зажоры

Затор льда представляет собою скопление его в русле, стесняющее живое течение реки и вызывающее подъем уровня воды в этом месте и на некотором участке выше него. Он обычно образуется весной при вскрытии рек во время разрушения ледяного покрова. Затор состоит из крупно- и мелкобитых льдин.

Зажор льда – явление, сходное с затором. Оно также представляет собою скопление ледового материала в русле реки, вызывающее подъем уровня воды в этом месте и на некотором участке выше него. Однако между затором и зажором есть и различия. Во-первых, зажор состоит из рыхлого ледового материала

(комьев шуги, частиц внутриводного льда, обломков заберегов, небольших льдин), тогда как затор есть скопление крупно- и мелкобитых льдин. Во-вторых, зажор льда наблюдается в начале зимы, в то время как затор – в конце зимы и весной.

Главная причина затора льда – задержка вскрытия рек, где кромка ледяного покрова весной смещается сверху вниз по течению. При этом движущийся сверху раздробленный лед встречает на своем пути еще ненарушенный ледяной покров. Последовательность вскрытия сверху вниз по течению является необходимым, но недостаточным условием возникновения затора льда. Достаточное условие создается тогда, когда поверхностная скорость течения воды, при вскрытии довольно значительна (0,6 – 0,8 м/с и более). Только при этом происходит торошение льда, подсовы, подвижки и пр. Наличие различного рода русловых препятствий (крутых поворотов, сужений русла, островов, конусов выноса, изменений уклонов водной поверхности от большего к меньшему) лишь усиливает этот процесс.

В районах таких русловых препятствий у верхнего края ледяного покрова под напором приносимого течением ледяного материала происходит торошение льда. Образовывается хаотическое нагромождение крупно-мелкобитых льдин. Русло здесь в наибольшей мере стеснено льдом, в результате чего уровень воды в реке повышается, в том числе на некотором участке выше места стеснения, т. е. в пределах зоны подпора.

Зажоры возникают на реках в период формирования ледяного покрова. Необходимым условием их существования является возникновение в русле внутриводного льда и его вовлечение под кромку ледяного покрова. Решающее значение при этом имеет поверхностная скорость течения (более 0,4 м/с), а также температура воздуха в период замерзания. Эти два фактора вполне объясняют главные особенности как процесса замерзания реки, так и процесса зажорообразования. Созданию зажоров способствуют различные русловые препятствия: острова, отмели, валуны, крутые повороты, сужения русла, а также участки в нижних бьефах ГЭС. Скопления шуги и другого рыхлого ледяного материала, возникающего на этих участках в результате непрерывного процесса образования внутриводного льда и разрушения ледяного покрова, вызывают стеснение водного сечения, вследствие чего происходит подъем уровня воды выше по течению. Ниже по течению уровни понижаются. Образование сплошного ледяного покрова в месте зажора задерживается.

Характеристиками заторов и зажоров являются: строение, размеры, максимальные уровни и максимальные подъемы уровней воды.

- В строении затора обычно выделяются 3 характерных участка:
- а) замок затора, представляющий собой покрытый трещинами ледяной покров или перемычку из ледяных полей, заклинивших русло;
 - б) собственно затор или его голова – многослойное скопление хаотически расположенных льдин, подвергшихся интенсивному торошению;
 - в) хвост затора – примыкающее к затору однослойное скопление льдин в зоне подпора.

Длина головной части затора обычно превышает ширину реки в 3–5 раз. На этом участке скопление льда имеет максимальную толщину. Хвост затора на крупных реках может достигать нескольких десятков километров. На средних реках длина затора может быть от одного до нескольких километров.

Зажорные массы располагаются непосредственно у кромки ледяного покрова и под ним. Здесь они имеют наибольшую толщину. Длина зажорного участка может составлять от 3 до 5 величин ширины реки. Она может составить до 3–5 км на средних реках и до 15–20 км на больших.

Основные характеристики заторов и зажоров – максимальные заторные и зажорные подъемы уровней воды. Максимальный заторный уровень, как правило, превышает уровень весеннего половодья.

Максимальный зажорный уровень воды превышает уровень воды при ледоставе.

Наибольшие зафиксированные заторные и зажорные подъемы уровня на крупных реках представлены в табл 1.1.

Таблица 1.1

Заторные подъемы		Зажорные подъемы	
Реки	Подъем, м	Реки	Подъем, м
Бассейны Черного и Азовского морей			
Днестр, Воронеж	4-6	Дунай, Днестр	2,5-4
Бассейн Балтийского моря			
Неман, Сясь, Великая	4,5-6,5	Нева, Свирь, Водла, Нарва, Вента, Нема	3-4
Бассейны Карского моря			
Томь, Иртыш, Енисей, Нижняя Тунгуска	7-10 10-20	Томь, Енисей, Ангара, Катунь	5-7
Бассейны морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского			
Оленек, Лена, Аллан, Витим, Колыма, Мамакан	7,5-10,5 5-7	Мамакан	4-4,5
Бассейны Берингова и Охотского морей			
Амур, Буряя, Онон, Анадырь, Уда, Зeya, Шилка, Аргунь	7-9,5 3-4	Амур, Буряя, Зeya	3-4
Бассейны Японского моря			
Тымь, Пороной, Лютога	2,5-3,5	Тымь, Тумнин, Сумарга	2-3

Применяется также такая характеристика, как продолжительность затора или зазора. Затор – явление кратковременное, высокий уровень держится обычно 0,5–1,5 суток. Известны, однако, случаи довольно продолжительного стояния высокого заторного уровня:

- в Европейской части России до 6–8 суток;
- в Азиатской части страны до 12–15 суток.

Столь длительное стояние затора случается из-за похолодания и связанного с этим прекращения роста расхода воды, или даже его падением.

Период подъема зазорного уровня непродолжителен (0,5–3 суток). Спад уровня после максимума обычно длится не более 10–15 суток.

Другая часто применяемая характеристика заторов и зазоров – повторяемость этих явлений. Она изменяется в широких пределах от 1 раза в 50–100 лет до 1 раза в 2–5 лет, в некоторых местах бывают и ежегодные образования заторов и зазоров.

Для ликвидации заторов и зазоров используются достаточно мощные, водоустойчивые и менее опасные в обращении взрывчатые вещества и высокопроизводительная техника взрыва.

Для защиты от ледохода эксплуатируемых и строящихся сооружений с помощью взрывов раскалывают лед на части, а также ликвидируют ледовые заторы. Взрывные работы обходятся значительно дешевле, чем ежегодный ремонт наносимых ледоходом повреждений.

Ледокольные взрывы широко используют для борьбы с наводнениями (при ликвидации заторов льда), для выколки изо льда древесины, проводки судов, на строительстве. При отсутствии ледоколов или там, где их использование невозможно (на малых реках), взрывные работы являются мощным средством своеобразной механизации трудоемкого ледокольного процесса. Незначительные же капитальные затраты и простота средств выполнения работ делают их при правильной организации и обеспечении безопасной технологии исполнения командами взрывников (гражданскими и военными) легко осваиваемыми и доступными для широкого внедрения.

1.2. Паводки и наводнения

Многочисленные реки России отличаются друг от друга различным формированием стока воды, протекающей через замыкающий створ за какой-либо интервал времени.

По условиям формирования стока, и, следовательно, по условиям возникновения наводнений реки России подразделяются на 4 типа.

1. Реки с максимальным стоком от таяния снега на равнинах. Причина или источник наводнений для них – сезонное (весеннее) таяние снежного покрова. К этому типу относится большинство рек Европейской части России и Западной Сибири.
2. Реки с максимальным стоком от таяния горных снегов и ледников. Условиями формирования наводнений для них является интенсивное таяние ледников и снегов, расположенных высоко в горах, которое может наблюдаться несколько раз в течение года (в зависимости от погодных условий). К этому типу относятся реки Северного Кавказа и Алтая.
3. Реки с максимальным стоком, обусловленным выпадением интенсивных осадков (дождей). Для такого типа характерно также как и для 2-го типа наличие нескольких пиков стока воды в течение года. К этому типу относятся реки Дальнего Востока и Сибири.
4. Реки с максимальными стоками, образующимися от совместного влияния снеготаяния и осадков. Режимы их характеризуются весенним половодьем от таяния снегов, повышением летнего и зимнего стока за счет обильного грунтового питания, а также значительными осенними осадками. Наличие такого типа рек характерно для Северо-Западных районов России и некоторых районов Кавказа.

Особо опасные наводнения наблюдаются на реках дождевого и ледникового питания или при сочетании этих двух факторов.

Наводнение, характерное для рек первого типа, часто называется половодьем.

Половодье — это ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон значительный и довольно длительный подъем уровней воды в реке. Обычно половодье вызывается весенним таянием снега на равнинах или дождевыми осадками и весенне-летним таянием снега в горах.

Наводнения, характерные для рек третьего типа, обычно называют паводками.

Паводок – интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды. Формируется дождями и ливнями, иногда таянием снега при зимних оттепелях.

Кроме названных причин (снеготаяние, таяние ледников и горных снегов, обильные дожди) наводнения могут возникать вследствие других гидрометеорологических явлений, таких как заторы, зажоры, нагоны а также прорыв плотин.

Для такого стихийного явления как наводнение особо важное значение имеют следующие характеристики: максимальный расход и уровень воды за время действия наводнения, а также его объем.

Гидрологические явления (половодья, дождевые паводки, заторы, зажоры, ветровые нагоны) считаются стихийными, если в них образуются высокие уровни воды, при которых возможно затопление пониженных частей городов, населенных пунктов посевов сельскохозяйственных культур, автомобильных дорог или повреждение крупных промышленных и транспортных объектов.

При проектировании различных гидротехнических сооружений учитываются такие характеристики наводнений, как величина максимального уровня или максимального расхода воды, а также повторяемость этой величины.

При ликвидации последствий наводнения с применением взрывных технологий наращивают высокие защитные дамбы, устраивают каналы для сброса воды из затопленных районов, делают обводные каналы для создания котлованов для временного перемещения больших масс воды и т.д.

1.3. Сели, лавины и завалы

1.3.1 Сели

Селевым потоком (селем) называется временный горный русловый поток, характеризующийся высоким содержанием твердого материала и резким подъемом уровня. Он, как правило, состоит из воды и продуктов разрушения различных пород и отличается внезапным возникновением и быстрым (метры в секунду) и кратковременным (до нескольких часов) движением. В гидрологии под селем понимается водный поток с очень большой концентрацией минеральных частиц, камней и обломков горных пород (от 10–20 до 60–70% объема потока). Он образуется в бассейнах небольших горных рек и сухих логов и вызван, как правило, ливневыми осадками или бурным таянием снегов. Сель – нечто среднее между жидкой и твердой массой. Он обладает большой разрушительной силой.

Сель – стихийное (особо опасное) гидрологическое явление. Это поток, вызванный обильными осадками, прорывами завальных и моренных озер, серьезная угроза для населенных пунктов, спортивных и санаторно-курортных комплексов, железных и автомобильных дорог, оросительных систем и других важных народно-хозяйственных объектов.

Прослеживается 3 стадии формирования и развития селей:

- 1) более или менее длительная подготовка на склонах и в руслах горных бассейнов материала, служащего источником для образования селевых потоков (главным образом, в результате выветривания горных пород и горной эрозии);

- 2) быстрое перемещение сильного или потерявшего равновесие материала с повышенных участков горных водосборов в пониженные по горным руслам в виде селевых потоков;
- 3) аккумуляция селевых выносов в пониженных участках горных долин в виде русловых конусов или других форм селевых отложений.

Каждый селевой водосбор состоит из трех зон: зоны селеобразования, где происходит питание водой и твердым материалом, зоны транзита и зоны селевых отложений или конуса выноса.

Селевые потоки возникают при одновременном выполнении трех условий:

- а) наличии на склонах бассейна достаточного количества продуктов разрушения горных пород;
- б) наличии нужного объема воды для смыва или сноса со склонов рыхлого, твердого материала и последующего его перемещения по руслам;
- в) наличии крутого уклона склонов и водотока.

Главная причина разрушения пород заключается в резких внутрисуточных колебаниях температуры воздуха, что приводит к возникновению многочисленных трещин в породе и ее дроблению. Этому процессу способствует также периодическое замерзание и оттаивание воды, заполняющей трещины. Кроме того, породы разрушаются за счет химического выветривания (растворение и окисление минеральных частиц внутрипочвенными и грунтовыми водами), а также за счет органического выветривания под воздействием микроорганизмов. В районах оледенения основным источником твердого материала является коренная морена – продукт деятельности ледника при его неоднократном наступании и отступании. Землетрясения, извержения вулканов, горные обвалы и оползни также служат нередко источниками твердого материала.

В большинстве случаев причиной образования селей могут быть дождевые осадки, в результате которых образуется такое количество воды, которое достаточно для приведения в движение находящихся на склонах и в руслах продуктов разрушения пород.

Основным условием возникновения таких селей является определенная норма осадков, способная вызвать смыв продуктов разрушения горных пород и вовлечь их в движение. Нормы таких осадков для наиболее характерных горных районов приведены в табл 1.2.

Таблица 1.2

Район	Суточные максимумы ливневых осадков 20%-ной обеспеченности, мм	Известные минимальные суммы селеформирующих осадков, мм/сут
Северный Кавказ	50-70	20
Центральный Кавказ	50-70	20
Западное Закавказье	80-140	20
Урал	30-40	20
Тянь-Шань и Памиро-Алтай	30-60	30-40 (Тянь-Шань) 13 (Памиро-Алай)
Алтай и Саяны	30-50	20
Предбайкалье и Забайкалье	40-70	40
Горы северо-востока	30-60	–
Приморье	74-130	–
Приамурье	60-80	30
Камчатка	40-90	–
Сахалин	4-100	60

Иногда причина селевых потоков кроется в интенсивном таянии снега или ледников, нередко в сочетании с дождями, а также в прорывах моренных и завальных озер. Известны случаи образования селей вследствие резкого возрастания притока подземных вод.

Одними из основных характеристик селей являются максимальный расход селевого потока, объем селевых выносов, скорость движения селя, время движения.

Опасность селей не только в их разрушительной силе, но и во внезапности появления. Следует иметь в виду, что предопределить заранее дату прохождения селя невозможно. Значительное количество факторов, участвующих в селеобразовании, сложный характер их взаимодействия исключают на данной стадии изученности явления возможность заблаговременного прогнозирования конкретной даты возникновения селя в том или ином бассейне. Можно предсказать наступление селеопасного периода, но его день и час, как правило, является неожиданным.

Повторяемость селей в разных селеопасных районах различна. Например, в Забайкалье мощные потоки формируются обычно через 5–6 лет, реже через 10–12 лет. В бассейнах ливневого и сезонно-снегового питания, где есть постоянный запас рыхлообломочного материала для питания селей, они повторяются относительно часто (от нескольких раз в году до одного раза в 2–4 года) и связаны, в основном, с периодами выпадения значительных осадков.

Весьма мощные селевые потоки (которые выносят до 2–4 млн м³ обломочного материала) появляются относительно редко – один раз в 30–50 лет. На каждый катастрофический селя приходится по

несколько десятков и сот рядовых, не вызывающих значительных разрушений, но тем не менее, суммарно наносящих не меньший вред, чем особо мощные сели. Селевые потоки в бассейне реки могут повторяться ежегодно, а иногда и по несколько раз в год в одном и том же русле ручья.

Максимальные размеры в поперечнике крупнообломочных включений (валунов, скальных обломков) для несвязных водно-каменных селей могут составлять 3–4 м, а для связных густых грязекаменных селей 8–10 м.

При ликвидации последствий селя в первую очередь с помощью взрывов можно расчищать подходы к объектам жизнеобеспечения, разрушать аварийные здания и сооружения, угрожающие жизни людей. Взрывные работы проводятся при разборке разрушенных зданий и сооружений, расчистке дорог и дорожных сооружений, восстановлении русла водотока и других объектов. При этом крупные валуны и фрагменты сооружений дробятся на более мелкие транспортные части.

Котлованы для осаждения камней из селевого потока устраиваются взрывом в тех местах, где водоток имеет незначительный уклон (менее 10°). Размеры их определяются шириной долины водотока и мощностью селевого потока. На одном участке по трассе селя одновременно можно создать несколько котлованов, особенно при мощных селевых потоках.

Снижение мощности возможного селевого потока достигается за счет образования с помощью взрывов котлованов, плотин, а также сепарирующих площадок, задерживающих твердую составляющую потока.

Для предотвращения селя прорывного характера из водохранилищ, возникших в результате оползней и таяния ледников, с помощью взрывных технологий устраивается регулируемый сброс воды. Работы по регулируемому сбросу воды должны выполняться на начальной стадии образования водохранилищ.

1.3.2. Лавины

Спасательные работы в горных районах в зимне-весенний период сопряжены с необходимостью проделывать взрывным способом проходы в снежных завалах, образованных сходом лавин, или в значительных по высоте (2,0–2,5 м) снежных заносах. Это делается для передвижения самих спасательных подразделений или для эвакуации людей из района чрезвычайной ситуации.

Лавины представляют собой естественное обрушение снежного массива, расположенного на склонах крутизной 10 – 15° . На возможность обрушения снега влияют соответствующие метеоусловия (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Погодные условия	Количественные характеристики явления				Степень лавинной опасности	Ожидаемые масштабы схода лавин
	Интенсивность осадков, см/ч	Продолжительность осадков, ч	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с		
1. Снегопад 2. Метель с выпадением осадков 3. Выпадение дождя со снегом 4. Повышение температуры воздуха	≥ 2 ≥ 2 ≥ 2 –	≥ 20 ≥ 20 ≥ 15 –	– – – $>+5$	– – – –	Очень сильная лавинная опасность, Лавины достигают дна долины	Сход катастрофических лавин по всей площади снегосброса лавинных очагов
1. Снегопад 2 Метель с выпадением осадков 3 Выпадение дождя со снегом 4 Повышение температуры воздуха 5. Понижение температуры воздуха	>1 , но <2 >1 , но <2 >1 , но <2 – –	≥ 20 ≥ 20 ≥ 15 – –	– – до $0...+3$ <-20 –	– >7 , но <10 – – –	Сильная лавинная опасность	Сход отдельных лавин катастрофических размеров и больших лавин с обрушением по всей площади снегосборов лавинных очагов
1. Снегопад 2. Метель с выпадением осадков 3 Выпадение дождя со снегом 4 Повышение температуры воздуха 5 Понижение температуры воздуха	< 1 < 1 < 1	≥ 20 ≥ 20 < 15	– – – до 0 ниже -15	– < 7 – – –	Слабая лавинная опасность	Сход лавин средних размеров

В продольном профиле типичной лавины выделяют точку или линию отрыва, а также зоны (рис. 1.1) зарождения (образования лавинного тела), транзита (в которой объем лавинного тела существенно не меняется) и отложения (в которой лавина останавливается, образуя конус выноса). Наиболее высокие завалы возникают в зоне конуса выноса.

Взрывы зарядов при устройстве проходов в снежных завалах применяются при высоте завалов более 2–2,5 м, когда работа снегоочистительных машин невозможна, и особенно при расчистке снега в выемках, когда удаление его бульдозерами затруднено. Как правило, проходы устраиваются для одностороннего движения понизу шириной 2,5 – 3,5 м.

1.3.3. Завалы

Самый большой объем работ по поиску и спасению пострадавших при землетрясениях и взрывах приходится на завалы, которые образуются при разрушении зданий и сооружений и представляют собой хаотичное нагромождение крупных и мелких обломков строительных конструкций, санитарно-технических устройств, мебели, технологического оборудования и т.д.

Наиболее характерно для завалов нагромождение обрушившихся строительных конструкций, их отдельных обломков, а также обломков бетонных, железобетонных конструкций и кирпичной кладки объемом до 0,8 м³, строительного мусора.

Объем завалов при разрушении жилых зданий колеблется в пределах 35–50%, промышленных зданий – 15–20% от их строительного объема. Объем пустот в завалах составляет 40–60%. Наибольшая высота завалов жилых зданий – 1/5–1/7, а промышленных зданий – 1/4–1/10 их высоты. Средний угол откосов завалов – 30° (табл 1.4).

Таблица 1.4

Состав завалов	Содержание обломков (%) при разрушении зданий			
	Кирпичных		Деревянных	Крупнопанельных
	Промышленных	Жилых		
Кирпичные глыбы до 1м ³ , битый кирпич	20	40	13	–
Обломки железобетонных и бетонных конструкций (до 0,8 м ³)	60	10	–	75
Деревянные конструкции	3	30	75	18
Металлические конструкции (в т.ч. станочное оборудование)	10	8	2	2
Строительный мусор	–	12	10	5

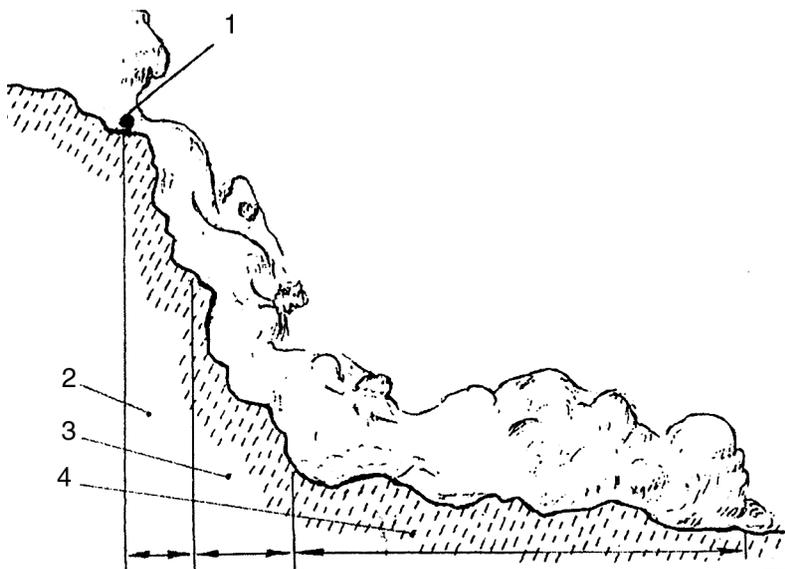


Рис. 1.1. Поперечный разрез типичной лавины:
1 – точка (линия) отрыва; 2 – зона зарождения; 3 – зона транзита;
4 – зона отложения (конус выноса)

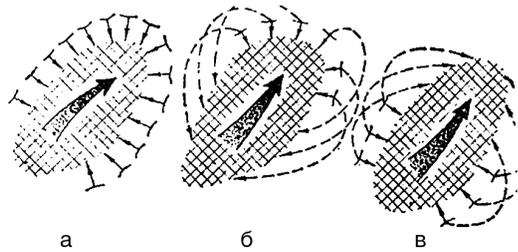


Рис. 1.2. Основные тактические приемы тушения низовых лесных пожаров:
а – окружение пожара;
б – тушение с фронта;
в – тушение с тыла

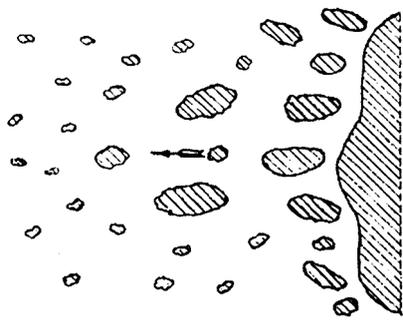


Рис. 1.3. Схема распространения пожара на торфополе при ветре

Взрывные технологии позволяют быстро и эффективно делать проходы и проезды в завалах для тяжелой техники и оптимальной организации работ.

При ликвидации последствий землетрясений с помощью взрыва обрушивают и валят здания и сооружения, пришедшие в аварийное состояние, расчленяют крупногабаритные элементы при расчистке завалов и разборке обрушившихся зданий, валят опоры линий электропередач и мачт, разрушают опоры и пролетные строения аварийных мостов, путепроводов и элементов гидротехнических сооружений.

1.4. Лесные и торфяные массовые пожары

1.4.1. Лесные пожары

Подразделяются на низовые, верховые и подземные, а по скорости распространения – на слабые, средние, сильные (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Характер пожара	Низовой пожар	Верховой пожар	Подземный пожар. Глубина прогорания, м
	Скорость распространения, м/мин		
Слабый	до 1	до 3	до 0,25
Средний	1–3	3–100	0,25–0,5
Сильный	свыше 3	свыше 100	более 0,5

Почти любой пожар в лесу сначала имеет вид низового и, если создаются соответствующие условия, переходит в подземный или верховой.

По скорости распространения низовые и верховые пожары делятся на беглые и устойчивые.

При низовом беглом пожаре сгорает напочвенный покров, опавшие листья и хвоя, обгорают кора нижней части деревьев и обнаженные корни, хвойный подрост и подлесок. Эти пожары чаще происходят весной, когда просыхает лишь самый верхний слой мелких горючих материалов, по которым огонь распространяется с большей скоростью.

При низовом устойчивом пожаре горит напочвенный покров, пни, валежник, корни и кора деревьев, полностью сгорают подрост и подлесок. Такие пожары типичны для второй половины лета, когда просыхает подстилка.

При подземных пожарах горит торф или подстилка толщиной более 20 см, залегающие под лесными массивами. Они прогорают на всю глубину до минерального слоя почвы или до влажных слоев, в которых горение продолжаться не может. Подземные

пожары, как правило, возникают во второй половине лета, особенно в засушливое.

Для более быстрой оценки обстановки, определения возможного вида пожара и своевременного его тушения может служить шкала распределения типов леса и лесных участков по классам пожарной опасности (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Класс природной пожарной опасности	Степень природной пожарной опасности	Объект загорания	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность пожара
I	Высокая	Хвойные молодняки. Сплошные вырубki: лишайниковые, вересковые, вейниковые и другие типы вырубok по суходолам (особенно захламленные).	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя – верховые.
II	Выше средней	Сосняки лишайниковые и верещатники. Сухостойники, участки бурелома, недорубы, участки условно сплошных и интенсивно выборочных рубок. Захламленные гари.	В течение всего пожароопасного сезона низовые пожары, верховые в период пожарных максимумов.
III	Средняя	Сосняки-кисличники и черничники Листвятибрусничники, Кедровники, ельники – брусничники и кисличники.	Низовые пожары в течение всего пожароопасного сезона, особенно весной и в периоды летне-осеннего максимума.
IV	Ниже средней	Сосняки, листвяги и насаждения лиственных пород травяных типов. Сосняки и ельники сложные, липняковые, лещиновые, дубняковые. Ельники-черничники. Березняки: брусничники, кисличники, черничники. Осинники-кисличники и черничники.	Низовые пожары в течение отдельных периодов пожароопасного сезона.
V	Малая	Ельничники, березняки и осинники-долгомошники. Ольшанники всех типов. Ельничники-приручейники.	Развитие лесных пожаров возможно только при длительной засухе.

Скорость распространения пожаров зависит от многих факторов: характера горючего материала (структура, объемный вес, теплотворная способность, влажность), метеорологических условий (скорость ветра, температура и влажность воздуха, интенсивность солнечной радиации, осадки) и топографии местности (угол наклона участка к горизонту). Особенно большое влияние на скорость распространения пожара оказывает ветер. В практике тушения всех видов пожаров было выявлено, что скорость ветра почти полностью определяет контур пожара. Чем он сильнее, тем более вытянут контур пожара по его направлению.

Для ветра в лесу характерна суточная цикличность. В течение ночи, как правило, ветер слабый и сравнительно постоянный по скорости и направлению. Утром скорость его начинает возрастать и достигает своего максимума, а затем к вечеру снижается до минимальной. В процессе тушения лесных пожаров было выявлено, что ветер со скоростью от 6 до 10 м/с неустойчив по направлению. Изменение направления ветра приводит к изменению направления распространения пожара. Поэтому можно ожидать, что в течение небольшого промежутка времени фланги могут стать фронтом пожара. При ветре более 6 м/с низовые пожары могут при соответствующих условиях развиваться в верховые.

Развитие низовых пожаров во многом зависит от характера лесного массива. На вырубках и гарях они обычно распространяются с большей скоростью, чем под пологом древостоев. В изреженных молодняках скорость распространения горения при ветре значительно выше, чем в густых (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Класс природной пожарной опасности	Линейная скорость распространения пожара, м/мин	
	Весной	Летом и осенью
I	4,0-2,0	4,0-2,0
II	2,5	2,0
III	2,0	1,5
IV	1,0	0,5
V	0,5	0,25

При подземных пожарах горит торф, залегающий под лесными массивами. Он сгорает на всю глубину до минерального слоя или до слоев с высокой влажностью, в которых горение невозможно. При этом обнажаются и обгорают корни деревьев. Скорость распространения кромки подземного пожара сравнительно невелика – от нескольких дециметров до десятков метров за сутки.

В лесах подземные пожары бывают редко. Возникновение и распространение их связано с низовыми лесными пожарами, при которых огонь (отдельными очагами) проникает вглубь слоя торфа на наиболее подсохших участках, чаще всего у стволов деревьев, а затем постепенно распространяется в стороны.

Тушение лесных пожаров. При тушении лесных пожаров решающее направление действий сил и средств может быть со стороны:

- населенного пункта;
- более ценного лесного массива;
- лесоразработок и торфяных полей;
- хлебных массивов.

При низовых пожарах силы и средства могут вводиться:

- одновременно по всему периметру пожара (рис. 1.2а);
- с фронта с последующим продвижением по флангам, а затем в тыл пожара (рис. 1.2б);
- с тыла с последующим продвижением по флангам (рис. 1.2в).

Первый тактический прием применяют при тушении слабых и средних низовых пожаров, когда сил и средств достаточно. Тушение пожара с фронта к тылу осуществляют при недостатке сил и средств, чтобы быстрее остановить продвижение огня и тем самым сократить объем работ.

Сосредоточение сил и средств, в первую очередь, в тылу или на флангах целесообразно использовать при сильных низовых пожарах, когда перед фронтом пожара имеется надежная преграда дальнейшему распространению горения. При отсутствии преград перед фронтом действие сил и средств с тыла практически будет выполнимо только в том случае, когда скорость тушения в тылу и по флангам превышает скорость продвижения фронта пожара. Ввиду того, что скорость распространения горения низового пожара в тыл значительно меньше, чем по направлению ветра, при недостатке сил и средств они могут быть сосредоточены, в первую очередь, на флангах с продвижением их к фронту пожара, а затем в тыл. Введение сил и средств необходимо выбирать, исходя из сложившейся обстановки на пожаре и имеющегося количества сил и средств. В случае угрозы распространения горения на населенные пункты, лесоразработки, лесные массивы, торфяные поля и т.п. основные силы и средства необходимо ввести прежде всего для ликвидации горения на этих направлениях.

Приемы тушения лесного пожара зависят от его вида, силы и размеров, метеорологических условий, характера местности, наличия сил и средств пожаротушения.

Практикой выработаны следующие приемы:

- захлестывание кромки горения пучками ветвей или небольшими деревьями лиственных пород;

- забрасывание грунтом кромки пожара;
- подача на кромку пожара огнетушащих средств;
- отжиг;
- устройство заградительных и минерализованных полос и канав, в т.ч. с помощью взрывных технологий.

Для создания заградительных полос применяют дорожную землеройную технику (бульдозеры, прицепные плуги и др.). На прокладку 1000 м минерализованной полосы трактором с плугом в один след затрачивается примерно 20–30 мин.

Канавы роют преимущественно для остановки подземных пожаров, иногда ими усиливают заградительные полосы. Для прокладки используют плуги, канавокопатели, экскаваторы и траншеекопатели.

Если использование специальных машин затруднено или легкие механизмы и ручной труд малоэффективны, для устройства заградительных и минерализованных полос применяют взрывные технологии.

1.4.2. Торфяные пожары

Обстановка на пожаре. Пожары на торфяных полях делятся на два вида: наземные и подземные.

При наземном горит верхний надпочвенный покров, состоящий из сухой торфяной крошки, древесных остатков, очеса, а также штабели и караваны сухого торфа, расположенные на полях.

На распространение пожаров на торфополях большое влияние оказывают влажность торфа, время года, суток, метеорологические факторы (количество осадков, температура воздуха и солнечная радиация, ветер).

Так, с увеличением влажности торфа скорость пожара значительно снижается. Наиболее быстро пожар распространяется днем, так как в результате солнечной радиации верхние слои торфа интенсивно высыхают, по мере их нагревания часть влаги уходит в нижние слои залежи, а другая часть испаряется. Ночью температура поверхности торфа становится ниже температуры залежи, и вследствие этого влага поднимается в ее верхние слои. Кроме этого, обычно ночью скорость уменьшается и выпадает роса. Поэтому ночью пожар развивается медленнее.

Атмосферные осадки смачивают торф и уменьшают интенсивность его горения, а при значительном увлажнении могут прекратить горение.

Ветер обычно играет решающую роль. Так, уже при скорости ветра более 3 м/с нередко происходит разбрасывание горящих торфяных частиц на значительные расстояния (рис. 1.3).

Пожар, возникший на торфополе, особенно быстро разгорается при сильном ветре на участках добычи фрезерного торфа. Мелкая горящая торфяная крошка при ветре более 10 м/с высоко поднимается в виде спирально вращающегося торфяного столба, вместе с ней разносятся горящие искры, образующие новые очаги горения, с которых, в свою очередь, происходит перенос горящей торфокрошки и т.д. по направлению ветра.

Подземные пожары, как правило, распространяются очень медленно, со скоростью всего лишь нескольких метров в сутки.

По прибытии на пожар торфяного поля вначале по внешним признакам и на основе сообщения представителей администрации оценивается обстановка. Штаб пожаротушения организует участие руководителей торфопредприятия, проводит тщательную разведку пожара несколькими разведывательными группами. В состав разведгруппы вводят работников торфопредприятия. В зависимости от обстановки и местных условий разведку проводят путем обхода, объезда на машине или дрезине, осмотра с наблюдательной вышки, облета на вертолетах. Разведгруппы обеспечиваются надежными средствами связи.

В ходе разведки определяют место и число людей, отрезанных огнем, и направление, с которого можно пройти к ним, площадь, пораженную огнем, что на этой площади горит, пути распространения пожара, направление, скорость движения огня, границы его фронта, толщину слоя торфа и его однородность, наиболее опасные участки, наличие угрозы населенным пунктам, складам горючего, полевым гаражам, лесным массивам, железнодорожным путям и вагонам, погрузочным эстакадам, технике, промышленным объектам и т.д. Разведкой также обозначают участки, которые можно использовать как заградительные полосы преграды, которые можно применить для ограничения распространения огня. Одной из важных задач разведки является определение всех видов водоисточников, их емкость и возможность использования для тушения пожара.

Все данные, поступающие от разведгрупп, наносят на планкарту торфопредприятия. На основе полученных данных намечаются границы, в пределах которых необходимо проводить работы по прекращению распространения огня, определяется решающее направление в действиях пожарных подразделений, рабочих предприятия и других организаций, участвующих в тушении пожара, которое в зависимости от обстановки может быть со стороны:

- населенного пункта;
- основного торфяного массива – полей добычи;
- лесного массива;
- не горящих караванов штабелей торфа.

Основным способом тушения пожаров торфяных полей является ограждение горячей территории и заливка мест горения водой. Для осуществления этого способа используются следующие приемы тушения;

- окапывание горячей территории;
- смещение сухого фрезерованного торфа в сторону горения;
- создание минерализованных полос;
- подача огнетушащих средств.

Окапывание горячей территории – один из эффективных приемов ограничения распространения пожара, особенно подземного. Техника выполнения этой работы заключается в следующем. После определения границы пожара роют канаву до минерального грунта или уровня грунтовых вод шириной в верхней части 0,75–1 м. Эту работу выполняют вручную или канавопателем, а также с помощью взрывов ленточных зарядов ВВ. Канавы должны быть подготовлены до момента подхода огня к ней. Очаги горения ликвидируют огнетушащими средствами. При выполнении этого приема устанавливают постоянное наблюдение за очагом пожара. Возникающие за канавой очаги горения немедленно ликвидируются.

Прием смещения сухого фрезерованного торфа в сторону горения используется при ограничении распространения горения в тыл и по флангам. Сущность его заключается в следующем. Попадая в огонь, смещенный торф будет сгорать, а между него-рящим торфополем и огнем остается влажная залежь, которая некоторое время не будет давать возможности распространяться пожару на флангах и в тылу. Полосу устраивают шириной 1,5–2 м с помощью грунтометов и других землеройных машин или рабочих торфопредприятия и населения.

Минерализованные полосы устраивают для ограничения распространения горения по фронту пожара. Их создают шириной 30–50 м и, кроме того, выделяют силы и средства для ликвидации очагов горения, образовавшихся от разлетающихся горящих частиц за минерализованной полосой. Для создания таких полос могут применяться бульдозеры, которыми слой торфа смещают на прилегающие площадки и увлажняют водой до состояния, при котором он в полевых условиях не горит. С помощью взрыва за счет выбрасываемого грунта создается минерализованная полоса шириной 30–40 м. Образовавшаяся же при взрыве канавы может быть заполнена водой, которую используют для тушения горящего торфа. Для укладки ВВ используют применяемые при мелиоративных работах дренажные машины и кротодорожные машины. Скорость укладки заряда ВВ достигает порядка 1,5–1,8 км/ч.

2. Взрывчатые вещества и средства инициирования (взрывания)

Взрывчатые вещества (ВВ) – это химические соединения или смеси, способные под влиянием определенных внешних воздействий к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с образованием сильно нагретых и обладающих большим давлением газов, которые, расширяясь, производят механическую работу.

Взрывоопасная горючая смесь состоит из горючего вещества и окислителя.

Взрывчатая взвесь угольной пыли представляет собой распределение угольной пыли в воздухе в концентрации, способной взрываться. Химическое превращение ВВ принято называть взрывчатым превращением. Взрывчатое превращение, в зависимости от свойства ВВ и вида воздействия на него, может протекать в виде термического разложения, горения или взрыва.

Термическое разложение (распад) возникает при нагреве ВВ ниже температуры вспышки. Оно является сравнительно медленным процессом распада ВВ, который подчиняется обычным законам химической кинетики в зависимости от температуры нагрева и скорости реакции конкретного ВВ.

Если приход тепла в ВВ превышает его отвод в окружающую среду, наступает тепловой взрыв.

Горение является экзотермической реакцией, протекающей в поверхностном слое вещества – в зоне пламени, обусловленной передачей энергии от одного слоя ВВ к другому путем теплопроводности и излучения тепла газообразными продуктами. Скорость процесса горения составляет несколько метров в секунду. Температура горения – несколько тысяч градусов. С увеличением давления в окружающей среде скорость горения возрастает. Горение бризантных ВВ в закрытом объеме, как правило, переходит в детонацию.

Детонация – это процесс взрывчатого превращения, обусловленный прохождением ударной волны по взрывчатому веществу и протекающий с постоянной (для данного ВВ и при данном его состоянии) сверхзвуковой скоростью (1200–9000 м/с). В отличие от горения детонация мало зависит от внешнего давления и температуры.

В случае снижения качества ВВ (увлажнение, слеживание) или недостаточного начального импульса детонация может перейти в горение или совсем затухнуть. Такая детонация заряда ВВ называется неполной.

Взрывное горение является промежуточным режимом между горением и детонацией, его скорость непостоянна и может достигать несколько десятков и сотен метров в секунду.

При взрыве энергия выделяется за короткий промежуток времени при мгновенном физико-химическом изменении состояния вещества, приводящем к возникновению скачка давления или ударной волны, сопровождающейся образованием сжатых газов или паров, способных производить работу. При взрыве ВВ образуется 600–1000 л/кг газов, нагретых до температуры 2500–4500 °С, при этом выделяется тепла 10^3 ккал/кг.

Применительно к чрезвычайным ситуациям различают следующие виды взрыва: физический, химический, детонационный, дефлаграционный, сосредоточенный, объемный, взрыв пылевоздушной (пылегазовой) смеси, аварийный взрыв.

Возбуждение взрывчатого превращения ВВ называют инициированием. Для возбуждения взрывчатого превращения ВВ ему требуется сообщить с определенной интенсивностью необходимое количество энергии (начальный импульс), которая может быть передана одним из следующих способов:

- механическим (удар, накол, трение);
- тепловым (искра, пламя, нагревание);
- электрическим (нагревание, искровой разряд);
- химическим (реакции с интенсивным выделением тепла);
- взрывом другого заряда ВВ (взрыв капсуля-детонатора или соседнего заряда).

В зависимости от природы и состояния ВВ обладают следующими взрывчатыми характеристиками: чувствительность к внешним воздействиям, энергия (теплота) взрывчатого превращения, скорость детонации, бризантность, фугасность (работоспособность).

Чувствительность ВВ характеризуется способностью к взрывчатому превращению под влиянием внешних воздействий. Ее принято характеризовать минимальным количеством энергии, которое необходимо затратить для того, чтобы возбудить процесс взрывчатого превращения. Для инициирующих ВВ определяется нижний предел чувствительности (характеристика безопасности) и верхний предел чувствительности (характеристика безотказности) ВВ.

Бризантность – способность ВВ дробить при взрыве соприкасающиеся с ним материалы (металл, горные породы и пр.). Бризантность ВВ зависит от скорости детонации: чем больше скорость детонации, тем больше (при прочих равных условиях) бризантность данного ВВ.

Фугасность (работоспособность) ВВ характеризуется разрушением и выбросом материала той или иной твердой среды (чаще всего грунта), в которой происходит взрыв. Мера фугасности – это отношение объема грунта воронки выброса к массе заряда данного ВВ.

Энергия (теплота) взрывчатого превращения – это количество тепла, которое выделяется при взрыве 1 кг взрывчатого вещества.

Механическая работа взрыва совершается за счет потенциальной химической энергии, которой обладает любое ВВ. Поэтому энергия-теплота взрыва является основной характеристикой взрыва. Потенциальная химическая энергия переходит в механическую работу не прямо, а через тепловую энергию газов. Таким образом, процесс получения “идеальной работы” взрыва связан с естественными потерями химической и тепловой энергий.

2.1. Классификация взрывчатых веществ

Наиболее часто ВВ классифицируются по типичной форме химического превращения в условиях штатной эксплуатации по химической природе и составу, по условиям применения, чувствительности к различным видам внешних воздействий и т.д.

По химическому составу ВВ (обычно это только бризантные ВВ) подразделяются на индивидуальные и смесевые соединения.

Индивидуальные ВВ содержат в своем составе все элементы, необходимые для нормального протекания реакции взрыва.

Смесевые ВВ состоят из двух и более компонентов, вводимых для обеспечения заданных эксплуатационных или технологических характеристик. Эти вещества в свою очередь делятся на два типа смеси: горючее – окислитель и смеси двух и более индивидуальных ВВ.

По действию на окружающую среду применяемые при взрывных работах ВВ подразделяются на бризантные (дробящие), метательные (пороха) и пиротехнические составы.

Бризантные ВВ обладают большой скоростью детонации (до 8,5 км/с) и способны производить при взрыве местное дробление среды. Типичные представители бризантных ВВ – гексоген, октоген, ТЭН, тетрил, тротил, некоторые типы аммонитов и аммоналов. Из бризантных ВВ выделяют первичные инициирующие ВВ и вторичные промышленные ВВ.

Инициирующие ВВ обладают большой чувствительностью и применяются для изготовления средств взрывания. К ним относят гремучую ртуть, азид свинца, ТНРС (тринитрорезорцинат свинца).

По мощности бризантные взрывчатые вещества делятся на три группы ВВ повышенной мощности (гексоген, ТЭН, октоген), ВВ нормальной мощности (тротил, пикриновая кислота и др), ВВ пониженной мощности (аммиачная селитра, аммониты, динамоны, аммоналы и др.).

К порохам относятся многокомпонентные твердые взрывные смеси, способные к нормальному горению параллельными сло-

ями с образованием большого количества газообразных продуктов, энергия которых используется для метания снарядов, движения ракет и в других целях. Различают баллиститный (бездымный) и дымный пороха.

Баллиститный (бездымный) порох применяется в качестве твердого ракетного топлива и метательного заряда в артиллерийских и минометных снарядах.

Дымный порох используется для изготовления огнепроводных шнуров, воспламенителей, вышибных зарядов, усилителей и замедлителей во взрывателях для взрывных работ, стрельбы.

К пиротехническим составам относятся механические смеси из горючих веществ, окислителей, связывающих веществ и различных добавок. В военном деле и других отраслях применяются осветительные ракеты, фототрассирующие, сигнальные, зажигательные, дымовые, пиротехнические составы.

По условиям производства взрывных работ все промышленные ВВ делятся на несколько классов и групп (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Класс ВВ и условия применения (цвет отличительной полосы или оболочек патронов)	Группа ВВ	Тип ВВ	Наименование ВВ
1	2	3	4
I. ВВ только для открытых работ (Белый)	–	А. Гранулированные ВВ для обводненных забоев	Гранулотол, алюмотол, зерногранулиты 30/70 и 50/50-В, граммонал А-45
		Б. Шнекованные заряды для обводненных забоев	Аммонит В-3
		В. Водонаполненные ВВ для сухих и обводненных забоев	Акватолы 65/35, М-15, МГ, АВ, ифзаниты
		Г. Порошкообразные ВВ для сухих забоев	Аммониты 9ЖВ, 10 ЖВ
		Д. Кумулятивные заряды для вторичного взрывания негабаритов	Заряды типа ЗКП-ОР
		Е. Промежуточные детонаторы для инициирования гранулированных и водонаполненных ВВ	Шашки Т-400, ТГ-500, ТЭТ-150, ПТ-150

1	2	3	4
II. ВВ для подземных и открытых работ, кроме шахт, опасных по газу и пыли (Красный)	–	<p>А. Гранулированные ВВ:</p> <p>а) для сухих и влажных забоев</p> <p>б) для обводненных забоев</p> <p>Б. Порошкообразные ВВ для сухих и обводненных забоев:</p> <p>а) аммониты</p> <p>б) нитроглицериновые ВВ</p> <p>в) динамоны</p> <p>В. Прессованные ВВ для сухих и обводненных забоев.</p> <p>Г. Водонаполненные ВВ для сухих и обводненных забоев:</p> <p>а) пластичные</p> <p>б) льющисея</p> <p>Д. Динамиты</p>	<p>Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, мигданит, зерногранулит 79/21</p> <p>Граммонал А-8, зерногранулит 79/21 (горячего смешения)</p> <p>6ЖВ, 7ЖВ, динафталит, аммонал, скальный аммонал 3</p> <p>Детониты 6А, 10А, 15А-10, М, АМ-8, АМ-10</p> <p>Скальный аммонит 1</p> <p>Акваниты 2, 3, 16; акванал 1</p> <p>Акванит ЗЛ</p> <p>62%-й труднозамерзающий динамит</p>
III. Предохранительные ВВ для породных забоев, опасных по метану, и специального назначения (Синий)	–	<p>А. Для работ в чистопородных забоях:</p> <p>а) аммониты</p> <p>б) нитроглицериновые ВВ</p> <p>Б. Для серных шахт</p> <p>В. Для шахт, опасных по тяжелым углеводородам</p>	<p>АП-4ЖВ, АП-5ЖВ</p> <p>Победит РП-4</p> <p>Серный аммонит 1</p> <p>Нефтяной аммонит 3</p>
IV. Предохранительные ВВ для угольных и смешанных забоев, шахт, опасных по газу или пыли (Желтый)	–	Аммониты	ПЖВ-20, Т-19
V. ВВ повышенной предохранительности для угольных, смешанных забоев и специальных работ в шахтах всех категорий (Желтый)	–	<p>А. Нитроглицериновые ВВ</p> <p>Б. В водонаполненных полиэтиленовых оболочках</p> <p>В. Посадочные патроны в пластмассовых оболочках</p>	<p>Углениты Э-6,5, селектит 1</p> <p>Патроны ПВП-1-У, СП-1</p> <p>Патроны МГПП-60</p>

1	2	3	4
VI. Высокопредохранительные ВВ для отбойки угля и специальных работ в шахтах, особо опасных по газу (Желтый)	–	А. Нитроглицериновые ВВ	Угленит 7
VII. Предохранительные ВВ и изделия из них для ведения специальных взрывных работ в забоях подземных выработок, взрывоопасных по метану, угольной пыли и другим материалам (Желтый) С – специальный	–	Аммиачно-селитренные со специальными добавками	Ионит
		<p>Непредохранительные и предохранительные ВВ для специальных взрывных работ, кроме забоев, опасных по пыли и газу.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Взрывные работы на поверхности: импульсная обработка металлов, инициирование скважин и сосредоточенных зарядов, контурное взрывание, разрушение мерзлых грунтов, создание заградительных полос при ликвидации лесных пожаров. 2 Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и пыли, контурное взрывание, дробление негабаритов. 3 Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах. 4 Взрывные работы в серных, нефтяных и других шахтах, опасных по пыли, водороду и парам тяжелых углеводородов. 	

По степени опасности при обращении (хранение, перевозка, доставка на место производства работ и т.п.) со взрывчатыми материалами они относятся к классу I и разделяются на пять групп совместимости и опасности (табл. 2.2.).

Таблица 2.2

Группа совместимости (опасности)	Вещества, изделия
В	Изделия, содержащие инициирующие ВВ.
С	Метательные ВВ и другие дефлагрирующие ВВ или изделия, содержащие их.
Д	Вторичные детонирующие ВВ, дымный порох. Изделия, содержащие детонирующие ВВ без средств инициирования и метательных зарядов.
Ф	Изделия, содержащие вторичные детонирующие ВВ, средства инициирования и метательные заряды, или без метательных зарядов.
Г	Пиротехнические вещества и изделия, содержащие их.

Примечания:

1. Принадлежность конкретного взрывчатого материала к группе совместимости, а также подклассу определяется разработчиком, подтверждается организацией-экспертом по безопасности работ и указывается в стандартах (ТУ) и инструкциях (руководствах) по применению соответствующих ВМ.

2. Взрывчатые материалы различных групп совместимости должны храниться и перевозиться отдельно.

Допускается совместное хранение:

- 1) дымных (группа совместимости D) и бездымных (группа совместимости C) порохов в соответствии с требованиями к наиболее чувствительным из них;
- 2) огнепроводного шнура, средств его зажигания и порохов, сигнальных и пороховых патронов и сигнальных ракет (группа совместимости G) с взрывчатыми материалами групп совместимости B, C и D;
- 3) детонирующего шнура и детонирующей ленты (группа совместимости D) с капсюлями-детонаторами, электродетонаторами и пиротехническими реле (группа совместимости B).

Все промышленные ВВ по свойствам, определяющим их безопасное применение и перевозку (чувствительность к удару, воспламеняемость, способность переходить от обычного горения к возмущенному и др.), подразделяют на следующие группы:

- нитросоединения, нитраты, нитралины и их смеси;
- ВВ на основе аммиачной селитры – гранулированные и содержащие невзрывные горючие смеси с тротилом и другими нитросоединениями (аммониты), смеси с алюминием (аммоналы), водосодержащие смеси (акватолы, акваниты, аваналы);
- нитроэфирсодержащие ВВ – порошкообразные, полупластичные и пластичные составы (детониты, угленинты, динамиты);
- хлоратные и перхлоратные ВВ;
- взрывчатые смеси на основе жидких окислителей (нитропарафины).

По кислородному балансу (степень опасности ВВ с точки зрения образования при взрыве ядовитых газов), который характеризуется отношением избытка или недостатка кислорода в составе ВВ к количеству кислорода, необходимому для полного окисления горючих элементов ВВ. Определяется выраженным в процентах отношением грамм-атомного веса избытка или недостатка кислорода к грамм-молекулярному весу ВВ.

Кислородный баланс считается нулевым, если в составе ВВ содержится количество кислорода, необходимое для полного окисления горючих компонентов, положительным – при избытке кислорода.

При взрыве ВВ с нулевым кислородным балансом образуется минимальное количество ядовитых газов и выделяется максимальное количество энергии, при взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом получается ядовитая окись углерода и двуокись углерода, при избыточном кислородном балансе весьма ядовитые окислы с азотом.

Рецептуры ВВ составляют так, чтобы при реакции взрыва образовывались в основном пары воды, азот и углекислый газ, т.е. газообразные продукты, наименее опасные для человеческого организма.

2.2. Характеристики взрывчатых веществ

2.2.1. Иницирующие взрывчатые вещества

Гремучая ртуть (фульминат ртути) представляет собой мелкокристаллическое сыпучее вещество белого или серого цвета. Ядовита, плохо растворяется в холодной и горячей воде. Легко взрывается от незначительного удара, весьма чувствительна к наколу и требует очень осторожного обращения. Прессованная гремучая ртуть менее чувствительна ко всякого рода внешним воздействиям, вследствие чего капсули-детонаторы, содержащие ее, допускаются к перевозке, в то время как всякие перевозимые порошкообразной гремучей ртути категорически запрещены.

Вода уменьшает чувствительность гремучей ртути ко всем видам начального импульса. При содержании 10% воды гремучая ртуть горит, не взрываясь, а при 30% воды она не загорается от луча огня и детонацию ее можно вызвать только с помощью капсуля-детонатора. При длительном хранении во влажной атмосфере теряет свои взрывные свойства. В присутствии влаги гремучая ртуть довольно активно взаимодействует с некоторыми металлами. При соприкосновении с алюминием она образует амальгаму, которая быстро окисляется и разрушает оболочку, сделанную из него. С железом, мельхиором и медью она ведет себя менее активно.

Поэтому гильзы гремучертутных капсулей изготавливаются из меди или мельхиора, а не из алюминия.

ТНРС (тенерес – тринитрорезорцинат свинца) представляет собой мелкокристаллическое несипучее вещество темно-желтого цвета, незначительно растворяющееся в воде. Чувствительность ТНРС к удару ниже чувствительности гремучей ртути и азидов свинца.

По чувствительности к трению он занимает среднее место между гремучей ртутью и азидом свинца. ТНРС достаточно чувствителен к тепловому воздействию – под влиянием прямого солнечного света он темнеет и разлагается. С металлами ТНРС

химически не взаимодействует. Ввиду низкой инициирующей способности ТНРС не имеет самостоятельного применения, а используется в некоторых типах капсулей-детонаторов с целью обеспечения безотказности инициирования азида свинца.

Азид свинца (азотистоводороднокислый свинец) представляет собой мелкокристаллическое вещество белого цвета, слабо растворяющееся в воде. Не теряет способности к детонации при увлажнении и низких температурах.

Иницирующая способность его выше, чем у гремучей ртути. К удару, трению, особенно к накалу и лучу огня менее чувствителен, чем гремучая ртуть, а по инициирующей способности превосходит ее. Для надежности возбуждения детонации азид свинца действием пламени его покрывают слоем тенереса.

Азид свинца химически не взаимодействует с алюминием, но активно взаимодействует с медью, образуя при этом очень чувствительные к механическим воздействиям соли меди. Поэтому азид свинца обычно запрессовывают в алюминиевые оболочки.

2.2.2. Взрывчатые вещества на основе нитросоединений

ВВ, содержащие нитрогруппу, широко применяются в виде бризантных ВВ, шашек-детонаторов, зарядов вторичных ВВ, капсулей-детонаторов, детонирующих шнуров и различных составных частей смесовых ВВ.

Тротил (тринитротолуол, тол, ТНТ) – кристаллическое, чешуи-рованное или гранулированное вещество светло-желтого цвета. Тротил является основным бризантным взрывчатым веществом, применяемым для взрывных работ и снаряжения большинства боеприпасов. В воде не растворяется, негигроскопичен. В производстве тротил получают в виде порошка (порошкообразный тротил), гранул (гранулированный тротил), чешуек (чешуи-рованный тротил). Плавится без разложения при $T = +81\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность затвердевшего после плавления (литого) тротила $1,55\text{--}1,60\text{ г/см}^3$, температура вспышки около $310\text{ }^{\circ}\text{C}$. Горит желтым коптящим пламенем без взрыва. Горение в замкнутом пространстве может перейти в детонацию. К удару, трению и тепловому воздействию тротил малочувствителен, с металлами химически не взаимодействует. Растворяется в спирте, бензине, ацетоне, серной и азотной кислотах. Щелочи, а в присутствии влаги и аммиак образуют с тротилом более чувствительные, чем сам тротил, соединения.

Прессованный и литой тротил от прострела обычной ружейной пулей не взрывается и не загорается. Восприимчивость тротила к детонации зависит от его состояния. Прессованный (чешуи-рованный тротил, спрессованный до плотности $1,6\text{ г/см}^3$) и порошкооб-

разный тротил безотказно детонируют от капсюлей-детонаторов, литой, чешуированный и гранулированный детонируют только от промежуточного детонатора. Химическая стойкость тротила весьма высока, длительное нагревание при температуре до +130 °С мало изменяет его взрывчатые свойства, он не теряет их и после длительного пребывания в воде. Под влиянием солнечного света изменяется его цвет и повышается чувствительность к внешним воздействиям. Тротил – токсичное вещество, действие его может вызвать отравление со смертельным исходом, вызывает гепатит печени (желтуху), катаракту глаз.

Для снаряжения боеприпасов тротил применяется не только в чистом виде, но и в сплавах с другими ВВ. Для производства взрывных работ тротил используется в виде прессованных взрывных шашек:

Масса, г	Большая	Малая	Цилиндрическая (буровая)
	400	200	75
Размер, см	5x5x10	5x2,5x10	Высота – 7, диаметр – 3

Все шашки имеют запальные гнезда для капсюлей-детонаторов. Запальные гнезда некоторых из них делаются с резьбой. Для защиты шашек от внешних воздействий их покрывают слоем парафина и обертывают бумагой, на которую наносится еще один слой парафина. Место расположения запального гнезда обозначается черным кружком. Упаковывается тротил в деревянные ящики, внутри выложенные бумагой.

Гексоген представляет собой белое вещество с плотностью монокристалла 1,816 г/см³ и насыпной плотностью 0,8 г/см³, с температурой плавления 204–205 °С. Характеризуется высокой чувствительностью к удару и трению. Температура вспышки 220–230 °С. На открытом воздухе сгорает ярким белым пламенем обычно с переходом в детонацию. При быстром нагревании детонирует. От прострела пулей взрывается. Токсичен, отравление им возможно при попадании в организм пыли через органы дыхания и пищевод. Поражает центральную нервную систему, главным образом, головной мозг. При хронических заболеваниях вызывает нарушение кровообращения и малокровие. С металлами химически не взаимодействует. В чистом виде применяется только для снаряжения капсюлей-детонаторов. Используется в основном в сплавах с другими ВВ. Для производства подрывных работ из флегматизированного гексогена изготавливаются шашки. По своим взрывчатым свойствам относится к ВВ повышенной мощности.

Октоген – белое кристаллическое вещество с плотностью 1,906 г/см³ и температурой плавления 278,5–280 °С. Высокочувствителен к механическим воздействиям и трению. Температура

вспышки 291 °С. Практически не растворяется в метиловом, этиловом спиртах, бензоле, плохо растворим в дихлорэтаноле, воде. Растворим в ацетоне. Разлагают октоген концентрированная азотная и крепкая серная кислоты.

Токсичен, отравление им возможно при попадании пыли через органы дыхания и пищевод. Поражает как и гексоген. Скорость детонации выше, чем у гексогена.

ТЭН (тетранитропентаэритрит, пентрит) – белое кристаллическое вещество с плотностью 1,77 г/см³, температура плавления 141,3 °С. Крайне чувствителен к механическим воздействиям и ударной волне (в значительно большей мере, чем гексоген и октоген).

Температура вспышки 205–225 °С. Обладает высокой чувствительностью ко всем видам начальных импульсов. Горит энергично белым пламенем без копоти, при сжигании горение может перейти в детонацию. С металлами ТЭН химически не взаимодействует. Для снижения чувствительности ТЭНа и улучшения его прессуемости применяются флегматизаторы (парафин, церезин, вазелин, воск и др.). Флегматизированный ТЭН подкрашивается в розовый или оранжевый цвета. Применяется ТЭН при изготовлении детонирующих шнуров, промежуточных детонаторов и для снаряжения капсулей-детонаторов и некоторых боеприпасов, в т.ч. кумулятивных.

Нитроглицерин, нитрогликоли – бесцветные маслянистые жидкости, высокочувствительные к механическим воздействиям, в связи с чем перевозка нитроэфиров запрещена, и они перерабатываются на месте изготовления.

Нитроглицериновые ВВ, выпускаемые в патронированном виде, делятся на две группы: высокопроцентные (с содержанием нитроглицерина 35% и более) – труднозамерзающие и обыкновенные динамиты, низкопроцентные (с содержанием нитроглицерина до 15%) – победиты), детониты (с главной составной частью – аммиачной селитрой).

При работе с ВВ, содержащими нитроглицерин, необходимо учитывать их низкую стойкость, опасность, связанную с высокой чувствительностью, и вредное физиологическое воздействие на человека. При замерзании динамиты становятся весьма опасными в обращении (температура замерзания обыкновенных динамитов – около +8°, труднозамерзающих – около -20 °С). Поэтому с замерзшими и полузамерзшими динамитами следует обращаться осторожно (их нельзя сверлить, резать, ломать, бросать и т.д.). Для обеспечения безопасности в обращении замерзшие динамиты подвергаются оттаиванию.

Динитронафталин – светло-желтые кристаллы, гранулы или чешуйки с плотностью монокристалла 1,5 г/см³, с температурой

плавления 150–160 °С и температурой вспышки 300–310 °С. Является слабым взрывчатым веществом, маловосприимчив к детонации и механическим воздействиям. Самостоятельно как ВВ не применяется. Наиболее распространена смесь его с аммиачной селитрой, которая характеризуется высокими взрывчатыми свойствами (динафталиты).

Нитрометан – бесцветная подвижная жидкость, растворимая в воде, детонирует при ударе и от взрывного импульса, минимальный инициирующий импульс 3–5 г тротила, чувствительна к механическому удару и трению. По энергетическим характеристикам эквивалентен гексогену.

Пикриновая кислота (тринитрофенол, мелинит) – кристаллическое вещество желтого цвета, горькое на вкус, сильно раздражает дыхательные пути. Растворяется в воде, слабо – в холодной и несколько лучше – в горячей, растворы ее сильно окрашивают кожу и ткани в желтый цвет. Хорошо прессуется, плавление ее происходит при температуре +122,5 °С без разложения. Плотность прессованной и литой пикриновой кислоты приблизительно 1,6.

Чувствительность пикриновой кислоты к удару, трению и тепловому воздействию в 1,5 раза выше, чем у тротила, от прострела пули может взорваться. Пикриновая кислота по сравнению с тротилом обладает несколько лучшей восприимчивостью к детонации.

Порошкообразная и прессованная пикриновая кислота взрывается от капсюля-детонатора. Литая – не всегда срабатывает от капсюля-детонатора, поэтому для ее взрыва требуется промежуточный детонатор. Применяется для снаряжения некоторых боеприпасов. Пикриновая кислота – вещество химически стойкое, но весьма активное. Химически взаимодействует со всеми металлами, за исключением олова, образуя пикраты – соли пикриновой кислоты.

Пикраты представляют собой взрывчатые вещества, в большинстве случаев более чувствительные к механическим воздействиям, чем сама пикриновая кислота. Наиболее опасны пикраты железа и свинца. Производство и применение пикриновой кислоты практически прекращено.

Тетрил (тринитрофенилметилнитроамин) – кристаллическое вещество бледно-желтого (ярко-желтого) цвета, без запаха, солонатое на вкус. В воде не растворяется, легко прессуется до плотности 1,60–1,65.

Сильно токсичен. Попадая в организм через дыхательные пути, пищевод и кожу, вызывает отравление. Мелкая пыль тетрила, действуя на кожу, вызывает дерматит. Как самостоятельное ВВ тетрил не используют из-за повышенной чувствительности его к удару и

трению. Применяется для изготовления промежуточных детонаторов в различных боеприпасах и для снаряжения некоторых типов капсюлей-детонаторов. От прострела пулей может взрываться. Горит голубым пламенем без копоти, горение может перейти в детонацию. С металлами химически не взаимодействует.

Тетразен (гуанилнитрозоаминогуанилтетразен) – кристаллическое вещество светло-желтого цвета, в воде практически не растворяется и малогигроскопичен, не взаимодействует с металлами и их окислами, его можно поместить в любую металлическую оболочку.

Чувствительность тетразена к удару и наколу высокая, примерно как у гремучей ртути, инициирующая способность значительно ниже. Как самостоятельное инициирующее ВВ использовать тетразен невозможно. Примесь 2-3% тетразена к азиду свинца резко повышает чувствительность последнего к наколу.

2.2.3. Взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры

Аммиачная селитра – белое кристаллическое вещество, выпускаемое в виде гранул, чешуек, кристаллов. Хорошо растворяется в воде, имеет горький вкус. Стабилизированная аммиачная селитра активно взаимодействует с окислами металлов, в результате чего получают аммиак и вода. Аммиак может вступать в химическое взаимодействие с некоторыми ВВ (тротил, тетрил, пикриновая кислота), образуя чувствительные к внешним воздействиям соединения.

Применяется как самостоятельное ВВ только на открытых взрывных работах, т.к. при взрыве образуется большое количество вредных газов (окислов азота). Для взрыва аммиачной селитры надо применять заряд другого ВВ (промежуточный детонатор). Величина промежуточного детонатора колеблется в пределах от 5 до 20% в зависимости от общей величины заряда, а также от сорта и степени измельчения аммиачной селитры. Как окислитель она входит в состав многих промышленных ВВ (такие смеси обладают лучшими взрывными свойствами, чем сама аммиачная селитра).

Аммиачно-селитренные ВВ в зависимости от добавок к селитре делятся на следующие виды:

- аммониты – ВВ, в состав которых кроме аммиачной селитры входят взрывчатые добавки (обычно тротил);
- динамоны – ВВ, состоящие из аммиачной селитры и горючих добавок (сосновая кора, торф и т.п.);
- аммоналы – аммониты и динамоны с примесью порошкообразного алюминия.

Аммониты А-80 и А-50 ранее назывались аммотолами. Физико-химические свойства аммонитов, в основном, определя-

ются свойствами аммиачной селитры. Увлажненные и слежавшиеся аммониты обладают пониженной восприимчивостью к детонации и при влажности 3% и выше могут давать отказы. Увлажненные аммониты перед употреблением нужно просушивать в тени, а слежавшиеся – предварительно размельчать.

Отдельные виды аммонитов, изготовленные из аммиачной селитры, обработанной специальными веществами, являются относительно водоустойчивыми. Они сохраняют взрывчатые свойства в воде от 2 до 5 часов. При зажигании аммониты (в том числе и сухие) загораются с трудом, горят с шипением и копотью.

Аммониты поступают в войска в виде прессованных брикетов массой 1,35 кг, размером – 12,5 x 12,5 x 6 см.

Брикеты взрываются промежуточным детонатором в виде тротильных шашек или заряда другого бризантного ВВ. Они применяются для взрывных работ в грунтах, для устройства различных фугасов и для снаряжения некоторых инженерных боеприпасов.

Простейшие гранулированные ВВ на основе аммиачной селитры представляют собой смесь ее гранул с жидкими или легкоплавкими нефтепродуктами (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Показатель	Игданит	Простейшее ВВ с алюминием	Гранулиты			
			М	АС-4	АС-4В	АС-8В
1	2	3	4	5	6	7
Кислородный баланс, %	0,12	-1,2	+0,14	+0,41	+0,35	-3,3
Теплота взрыва, кДж/кг	3760	4500	3760	4520	4520	5230
Объем газов, л/кг	980	–	980	907	–	–
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг	3150	–	3150	3550	3550	4000
Работоспособность, см ³	320-330	400-410	320-330	390-410	390-410	400-200

1	2	3	4	5	6	7
Тротиловый эквивалент по баллистическому маятнику	–	–	0,89	0,96	0,96	–
Бризантность в стальном кольце, мм	15-20	–	19-32	22-26	22-24	22-26
Скорость детонации, км/с	2,2-2,8	2,5-3,6	2,5-3,6	2,6-3,5	2,8-3,5	3,0-3,6
Критический диаметр, мм: в бумажной оболочке в стальной оболочке	120-150	100-120	80-100	60-100	70-100	80-110
	25-30	25-30	15-20	20-25	15-20	20-25
Минимальный инициирующий импульс (тротил), г	20-30	–	10-15	5-10	5-10	5-10
Чувствительность: к удару, % к трению с примесью 5% кварцевого песка, МПа	0	0-20	0	4-12	0-12	0-8
	300	–	300	300	300	300
Насыпная плотность, г/см ³	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9

Гранулированные аммониты и граммоналы представлены граммонитом 79/21 – механической смесью гранулированной селитры с чешуирующим тротилом и гранитолами – водоустойчивыми ВВ, в которых гидроизоляция водорастворимых компонентов осуществляется за счет эмульсий солей-окислителей в тротиле в присутствии поверхностно-активных веществ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Показатель	Граммонит 79/21	Гранитол 1	Гранитол 7А
Кислородный баланс, %	0,02	-34,4	-52
Теплота взрыва, кДж/кг	4330	3990	4620
Объем газов, л/кг	895	820	800
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг	3570	3280	3740
Работоспособность, см ³	360-370	320-340	400-420
Тротиловый эквивалент по баллистическому маятнику	1,05	0,95	–
Бризантность в стальном кольце, мм	20-25	25-28	26-28
Скорость детонации, км/с	3,2-4,0	5,0-5,3	5,0-5,3*
Критический диаметр в бумажной оболочке, мм	40-60	40-60	40-50
Чувствительность к удару, %	12-24	4-12	12-24

* Указана скорость детонации в воде.

Порошкообразные аммиачно-селитренные ВВ представлены в настоящее время в нашей стране аммонитом 6ЖВ, являющимся бинарной смесью аммиачной селитры марки ЖВК с тротилом и аммоналами М-10 и скальным 3, в которые добавлен соответственно алюминиевый порошок и гексоген (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Показатель	Аммонит 6ЖВ	Аммоналы	
		М-10	скальный 3
Кислородный баланс, %	-0,53	-5,8	-0,78
Теплота взрыва, кДж/кг	4330	5290	5710
Объем газов, л/кг	895	780	810
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг	3470	4450	4670
Работоспособность, см ³	360-380	430-440	450-480
Тротиловый эквивалент по баллистическому маятнику	1,08	1,08	1,12
Бризантность, мм	14-16	15-18	18-20
Скорость детонации, км/с	3,6-4,8	4-4,5	4,2-4,6
Критический диаметр при насыпной плотности, мм	10-13	10-12	8-10
Передачи детонации между патронами, см: диаметром 27-28 мм диаметром 36-37 мм	– 10-13	– 10-12	6-8 8-12
Чувствительность: к удару, % к трению с примесью 5% кварцевого песка, МПа	16-32 233,5	24-36 193,6	40-44 132,0

Водосодержащие ВВ – прежде всего акватолы, которые представляют собой плотные нерасслаивающиеся суспензии, твердой фазой которых является смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулатом или алюмотолом. Жидкая фаза суспензий представляет собой насыщенный раствор аммиачной селитры, которой целиком заполняют пространство между гранулами. Карбатолы – литые ВВ, затвердевающие после загрузки. В состав суспензии входят аммиачная селитра, карбамид, тротил. Суспензия затвердевает после введения загустителя. Акванал А-10 содержит алюминиевый порошок или силикоалюминий и является смесью металлизированной сухой фазы с насыщенным водным раствором аммиачной селитры. Акванит АРЗ-8Н состоит из смеси алюминиевого порошка, аммиачной селитры и водорастворимого загустителя. Изготавливается в виде гранул, водосовместится и пластифицируется в процессе применения (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Показатель	Акватол Т-20	Карбатол			Акванит АРЗ-8Н	Акванал А-10
		ГЛ-10В	ГЛ-15Т	ФТ-10		
1	2	3	4	5	6	7
Кислородный баланс, %	-1,2-1,6	-21,4	-9,6	–	-1,3	-1,5
Теплота взрыва, кДж/кг	3310-3690	5680	3430	5380	5040	4980
Объем газов, л/кг	987	844	946	720	822	812
Плотность, г/см ³	1,35-1,4	1,55-1,6	1,50-1,55	1,5-1,55	0,8-0,85*	1,5-1,55
Объемная энергия, кДж/л	4450-5200	8810-9200	5130-5300	8600-8870	6040-6550	7460-7710
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг	2790	4430	2980	4490	4140	4200
Работоспособность, см ³	–	450-470	320-350	–	400-410	–
Бризантность в стальном кольце, мм	24-26	28-30	24-26	24-26	22-25	–
Скорость детонации, км/с	4,5-5,0	4,5-5,0	4,5-4,8	4,0-4,2	2,8-3,5	4,0-4,2
Критический диаметр, мм	100-120	140-160	120-150	250-280 (80-100)**	90-100 (40-45)**	280-300 (80-100)**

1	2	3	4	5	6	7
Минимальный инициирующий импульс (тротил), г	40-60	40-50	—	—	—	—
Чувствительность к удару, %	0-4	12-24	4-12	12-24	0-4	12-24

* После водонаполнения плотность составляет 1,25-1,30 г/см³.

**Для патронов в металлической оболочке.

2.2.4. Нитроэфирсодержащие взрывчатые вещества

Включают в себя нитроэфиры (нитраты спиртов) и классифицируются по содержанию нитроглицерина или других жидких эфиров, по консистенции и по ряду других признаков. В России применяются порошкообразные нитроэфирсодержащие ВВ: детонит М, предохранительные (о них будет сказано несколько позже) углениты Э-6, 12ЦБ, ионит. К этой же группе относятся динамиты (пластичные и полупластичные нитроэфирсодержащие ВВ), так называемый гремучий студень, динамитный желатин, а также амможелатиндинамиты. Следует отметить, что применение динамитов в качестве промышленных ВВ практически во всех странах прекращено.

2.2.5. Взрывчатые вещества на основе твердых и жидких окислителей

В состав ВВ этого класса вместо аммиачной селитры вводятся различные твердые и жидкие окислители.

Взрывчатые вещества на основе перхлоратов, в которых в качестве окислителя используются соли хлорной кислоты, несмотря на значительно большую теплоту взрыва, применяются крайне ограниченно вследствие исключительно высокой чувствительности к удару и трению. Однако из-за малого объема газообразных продуктов, образующихся при взрыве, высокой летучести азотной кислоты, ее агрессивности, а также низкой живучести геля какого-либо практического использования эти составы не получили.

2.2.6. Предохранительные взрывчатые вещества

Представляют собой различные по составу взрывчатые вещества, имеющие одно общее свойство – при взрывных работах они не воспламеняют взрывчатые смеси горючих рудничных газов или пыли в рудничном воздухе. Это достигается путем введения в состав ВВ так называемых каталитически активных веществ – пламегасителей, представляющих собой ингибиторы цепной

реакции окисления метана и других горючих газов. К таким пламегасителям относятся хлориды натрия, калия, соли щелочных и щелочно-земельных металлов.

К предохранительным ВВ III–VII классов относят аммонит АП-5ЖВ, аммонит Т-19, угленит Э-6, угленит 12ЦБ, ионит, основные свойства которых приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Показатель	Аммонит АП-5ЖВ	Аммонит Т-19	Углениты		Ионит
			Э-6	12ЦБ	
Кислородный баланс, %	-0,02	-2,47	+0,5	0	+6,47
Теплота взрыва, кДж/кг	3500	3410	2680	2300	1930
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг	3000	2600	1950	–	1440
Температура взрыва, °С	2520	2230	1790	–	–
Объем газов взрыва, л/кг	787	724	560	520	580
Плотность при патронировании, г/см ³	1,0-1,15	1,05-1,2	1,1-1,25	1,15-1,35	1,0-1,2
Работоспособность, см ³	320-330	265-280	130-170	95-120	95-125
Бризантность, мм	14-17	15-17	7-11	–	5-6
Скорость детонации, км/с	3,6-4,6	3,6-4,3	1,9-2,2	1,9-2,0	1,6-1,8
Критический диаметр, мм	10-12	10-12	7-9	–	–
Передача детонации между патронами, см	5-12	7-12	5-12	4-5	0
Чувствительность: к удару, %	13-32	12-24	40-70	50-60	24-32
к трению, МПа	–	–	230	–	300
к трению с примесью 5% кварцевого песка, МПа	190	190	–	–	–

2.2.7. Взрывчатые составы и смеси

Пластичные взрывчатые составы

ПВВ-4 (пластит-4) – однородная тестообразная масса светлого кремового цвета. Не растворяется в воде, легко деформируется усилием рук, что позволяет делать заряды требуемой формы.

Изготавливается из порошкообразного гексогена (79%) и специальной инертной связки-пластификатора (21%) путем тщательного их перемешивания. Пластичные свойства сохраняются при температуре от -30 до +50 °С. При отрицательных температурах пластичность его несколько снижается, а при температуре выше +25 °С

он размягчается и прочность изготовленных зарядов уменьшается. К удару, трению и тепловому воздействию малочувствителен.

При простреле ружейной пулей, как правило, не взрывается и не загорается. При зажигании горит, горение его протекает энергично, но без взрыва. С металлами пластит-4 не взаимодействует. Детонирует он от капсуля-детонатора, погруженного в массу заряда на глубину не менее 10 мм. Не обладает свойствами липкого вещества, поэтому при производстве подрывных работ для надежного крепления необходимо применять тканевые или пластикатовые оболочки. В войска он поставляется в виде брикетов весом 1 кг.

ПВВ-5А представляет собой однородную, негигроскопичную, пластичную массу от белого до кремового цвета. Изготавливается из порошкообразного гексогена (85%) и специальной инертной связки-пластификатора (15%) путем тщательного их перемешивания. Основные характеристики соответствуют характеристикам пластита-4.

ПВВ-7 – однородная, негигроскопичная масса серого цвета. Делается из порошкообразного гексогена (72%), алюминиевого порошка (17%) и специальной инертной связки-пластификатора (11%). Мощность несколько выше, чем у ПВВ-4 и ПВВ-5А. Находит применение в основном в зарядах разминирования.

ПВВ-12с – морозостойкое пластичное ВВ однородной, негигроскопичной, пластичной массы от белого до кремового цвета. Изготавливается из порошкообразного гексогена (86%) и специальной инертной связки (14%). Химически не взаимодействует со сталями различных марок, алюминием. Применяется для снаряжения мин в системах дистанционного минирования.

Эластичные взрывчатые составы

ЭВВ-11 представляет собой однородную, негигроскопичную, эластичную массу белого цвета. Изготавливается из порошкообразного гексогена (80%) и специальной инертной связки (20%). Химически не взаимодействует со сталью, алюминием, медью. Применяется без оболочки в качестве ленточного подрывного заряда СЗ-1Э.

ЭВВ-34 – однородная, негигроскопичная, эластичная масса из высокодисперсного Тэна (80%) и инертной связки (20%). Из нее делают заряд в виде тонких листов, лент, прутков, шашек, применяется и для других целей, где требуются минимальные критические размеры.

Жидкие взрывчатые составы

Состав ВС-6Д – четырехкомпонентный эвтектический состав. По внешнему виду – маслянистая жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета. Негигроскопичная, нерастворимая в воде. Растворима в ацетоне, дихлорэтано, этиловом спирте. Растворы щелочей разлагают состав ВС-6Д. Оказывает общетоксичное

действие на уровне гексогена. Применяется в противопехотных минах систем дистанционного минирования.

Состав ЛД-70 – это легкоподвижная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета. Содержит динитрата диэтиленгликоля (70%) и динитрата триэтиленгликоля (30%). Физические свойства и совместимость с конструкционными материалами как у ВС-6Д. Совмещается со сталью30, сталью12Х18Н10Т, алюминием А-70м, латунию, полиэтиленом, резиной ИРП-1266.

Бризантные составы

Состав ТГ-50 – плавленая смесь гексогена (50%) и тротила (50%). Однородная, негигроскопичная масса от светло-желтого до темно-желтого цвета. По своим взрывчатым свойствам и взрывчато-энергетическим характеристикам сплав занимает промежуточное положение между тротилом и гексогеном, приближаясь к тому из компонентов, количество которого в сплаве больше. По мощности сплав превосходит тротил, но менее чувствителен по сравнению с гексогеном, обладает высокой восприимчивостью к детонации.

Капсюльные составы

Представляют собой механические смеси ряда веществ, наиболее распространенными из которых являются гремучая ртуть, хлорат калия (бертолетова соль) и трехсернистая сурьма (антимоний). Используются для снаряжения капсюлей-воспламенителей

2.2.8. Заряды взрывчатых веществ

Зарядом называется определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву. Масса заряда зависит от качества материала и размеров подрываемого объекта, в каждом конкретном случае она определяется расчетом. Форма заряда диктуется особенностями подрываемого объекта и условиями производства взрывных работ. По форме заряды бывают сосредоточенные, удлинённые, фигурные и кумулятивные (сосредоточенные и удлинённые).

По расположению относительно подрываемых объектов заряды делятся на внутренние и наружные. Внутренними называют те, которые закладывают внутри подрываемых объектов или их частей, наружными – размещаемые на наружных поверхностях объектов или на некотором расстоянии от них.

Наружные заряды в зависимости от того, укладываются ли они вплотную к подрываемым объектам или размещаются на том или ином расстоянии от них, подразделяются на контактные и неконтактные.

Инициирование внутренних зарядов целесообразно производить по возможности ближе к их геометрическому центру. Наружные любой формы должны инициироваться, как правило, со стороны, противоположной подрываемому объекту.

Сосредоточенные заряды по форме должны приближаться к кубу или параллелепипеду, длина которого не превышает его наименьшего поперечного измерения более чем в пять раз. Сосредоточенные заряды поступают из промышленности в готовом виде (стандартные заряды) или могут изготавливаться в ходе взрывных работ.

Удлиненные заряды имеют форму вытянутых параллелепипедов или цилиндров, длина которых более чем в пять раз превосходит их наименьшие поперечные размеры. Высота их не должна превышать ширину. Удлиненные заряды поступают из промышленности в готовом виде (стандартные заряды) или изготавливаются в ходе взрывных работ (таблица 2.8).

Таблица 2.8

Тип заряда	Общая масса, кг	Масса и тип ВВ	Размеры, м: длина, диаметр	Возможности по разрушению
СЗ-1Э	1,0	1,0 ЭВВ-11	2,0x0,05x0,007	Разрушение конструкций из металла, ж/бетона и дерева; один слой ленты перебивает элементы конструкций толщиной: деревянные – 250 мм; стальные листы – 10 мм; ж/бетонные, с выбиванием бетона – 200 мм
СЗ-1П	1,5	1,0 ПВВ-5А	0,6x0,045	Разрушение конструкций из металла, ж/бетона и дерева; перебивает элементы конструкций толщиной: деревянные – 600 мм; стальные – 15 мм; ж/бетонные – 250 мм
СЗ-4П	4,2	4,0 ПВВ-5А	2,0x0,045	Разрушение конструкций из металла, ж/бетона и дерева; одна нить заряда перебивает элементы конструкций толщиной: деревянные – 600 мм; стальные – 15 мм; ж/бетонные, с выбиванием бетона с частичным перебиванием арматуры – 250 мм
З-ЗРП	19,92	9,6 А-IX-I	60,0x0x0,22	Разрушение протяженных конструкций и поверхностей

Фигурные заряды применяются для подрывания различных фигурных элементов конструкций. Они имеют разнообразную форму и состояются так, чтобы против толстых частей подрываемого элемента приходилось большее количество ВВ. Для их создания используются тротилловые шашки, пластиты и эластиты.

Кумулятивные заряды (войсковые) эффективны при пробивании больших толщ броневых и железобетонных сооружений, перерезания толстых металлических листов и т.п. (таблица 2.9). Характеристики промышленных кумулятивных зарядов в табл. 2.10.

Таблица 2.9

Тип заряда	Общая масса, кг	Масса заряда и тип ВВ	Размеры: длина (ширина), диаметр, высота, мм	Эффективность
Сосредоточенные:				Пробиваемая толщина и диаметр пробоины, мм
КЗ-2	14,7	9,0 ТГ-50	350x57-	сталь – 300/10 ж/бетон – 1300/50
КЗ-4	65,3	48,625 ТГ-40	410x440	сталь – 500/60 ж/бетон – 2000/300
КЗ-5	12,3	8,355 ТГ-40	215x280	сталь – 450/25 ж/бетон – 1400/45 мерзлый грунт – 2000/180
КЗ-6	2,9	1,950 ТГ-40	122x292	сталь – 215/205 ж/бетон – 600/30 мерзлый грунт – 800/50
КЗ-7	6,5	4,175 ТГ-40	162x272	сталь – 280/35 ж/бетон – 700/40 мерзлый грунт – 1100/140
Удлиненные:				Пробиваемая толщина, мм:
КЗУ	17,0	10,860 ТГ-50	503x226x180	сталь – 120 ж/бетон – 1000 (арматура на 200 мм) бетон – 1500
КЗУ-2	0,88	0,368 ТГ-40	150x85x105	сталь – 36 ж/бетон – 300 (арматура на 30) пакет стальных листов – 30
Кольцевой:				Перебивает, мм:
КЗК	1,062	0,398 ТГ-50	200x160x52	стальной стержень – 70 стальной трос – 65

Кумулятивные заряды можно изготавливать при производстве взрывных работ из имеющихся ВВ. Кумулятивные полости таких зарядов делаются без металлических обкладок, вследствие чего их пробивное (режущее) действие, как правило, слабее действия промышленных зарядов.

Хорошие результаты при перерезании металлоконструкций дает использование выпускаемых промышленностью шпуровых кумулятивных зарядов (таблица 2.11).

Таблица 2.10

Марка заряда	Общая масса ВВ, г	Длина, мм	Высота, мм	Предельная толщина дробимого куска, м
ЗКН-180	180	90	35	0,55
ЗКН-260	260	100	40	0,75
ЗКН-500	500	130	50	1
ЗКН-1000	1000	150	75	1,2
ЗКН-2000	2000	190	90	1,6
ЗКН-4000	4000	230	115	2
ЗКП-25	48	48	24	0,13
ЗКП-50	76	58	29	0,25
ЗКП-100	135	90	36	0,5
ЗКП-200	245	100	41	0,8
ЗКП-400	475	125	57	1
ЗКП-1000	1229	172	72	1,4
ЗКП-2000	2179	200	82	2,2
ЗКП-4000	4000	251	105	2,8

Таблица 2.11

Марка заряда	Толщина разрезаемой преграды (Ст.3), мм	Масса 1 м заряда, кг	Масса ВВ в 1 м заряда, кг
ШКЗ-1	4	0,1	0,1
ШКЗ-2	6	0,2	0,2
ШКЗ-3	8 ... 9	0,35	0,27
ШКЗ-4	12	0,5	0,4
ШКЗ-5	15 ...16	0,76	1,1
ШКЗ-6	20	1,1	

Все заряды, которые готовятся непосредственно на месте проведения взрывных работ, в зависимости от условий их применения могут быть без оболочек или в оболочках из мягких или жестких материалов (ткань, картон, бумага, резина, полиэтилен, толь, ящики, бочки, бидоны, бутылки и т.п.).

В исключительных случаях при взрывных работах в качестве зарядов ВВ могут применяться инженерные мины, артиллерийские боеприпасы, авиабомбы и т.п.

Расчетные коэффициенты эквивалентных зарядов ВВ по идеальной работе взрыва по эталону аммонита № 6ЖВ даны в таблице 2.12, по эталону тротила ТНТ – в таблице 2.13.

Таблица 2.12

Наименование ВВ	$K = \frac{A_{ЭТ}}{A_{ВВ}}$	Наименование ВВ	$K = \frac{A_{ЭТ}}{A_{ВВ}}$
Акватол М-15	0,76	Зерногранулит 79/21	1,0
Граммонал А-45	0,79	Зерногранулит 50/50-В	1,08
Карбатол ГЛ-10В	0,79	Динафталит	1,08
Граммонал А-8	0,80	Ифзанит Т-80	1,08
Аммонит скальный № 1	0,8	Граммонал А-50	1,08
Аммонит скальный № 3	0,82	Акватол 65/35	1,10
Алюмотол	0,83	Ифзанит Т-60	1,10
Гранулит АС-8	0,89	Гранулит М	1,13
Аммонал водоустойчивый	0,9	Игданит	1,13
Акватол МГ	0,93	Акватол АВ	1,20
Акватол АВМ	0,95	Гранулотол	1,20
Гранулит АС-4	0,98	Ифзанит Т-20	1,20
Аммонит № 6ЖВ	1,0	Зерногранулит 30/70	1,26
		Карбатол 15Т	1,42

Таблица 2.13

Наименование ВВ	$K = \frac{Q}{Q_{ЭТ}}$	Наименование ВВ	$K = \frac{Q}{Q_{ЭТ}}$
Тротил (ТНТ)	1	ТГ-50	1
Гексоген	1,36	ТГ-40	1
Тэн	1,33	ТГА	1,3
Октоген	1,33	МС	1,3
Тетрил	1,02	ПВВ-4	0,95
А-IX-1	1,14	ПВВ-5А	1
А-IX-2	1,48	ПВВ-7	1,43
		ПВВ-12с	0,98
		ЭВВ-11	0,98
		ЭВВ-34	0,98

2.3. Средства инициирования

Под ними (СИ) понимают устройства, действующие от внешнего импульса (теплового, механического и др.) и выделяющие энергию в виде ударной волны для возбуждения детонации в зарядах ВВ или в виде форса огня для воспламенения взрывных зарядов.

По характеру действия СИ подразделяют на средства детонации и средства воспламенения.

Средства детонации непосредственно возбуждают детонацию в зарядах ВВ. К ним относятся: капсули-детонаторы (КД), элек-

тродетонаторы (ЭД), детонирующий шнур (ДШ), короткозамедленный детонирующий шнур (КЗДШ).

Средства воспламенения предназначены для преобразования внешнего импульса (теплового, механического и др.) в форс-пламени и передачу его к средствам детонации для их возбуждения. К ним относятся капсулы, воспламенители (КВ), электровоспламенители (ЭВ), огнепроводный шнур (ОШ), зажигательные и электрозажигательные трубки, фитиль зажигательный тлеющий.

Средства инициирования по степени опасности при обращении с ними разделяют на следующие группы совместимости:

- группа совместимости В – капсулы-детонаторы, электродетонаторы, короткозамедленные детонирующие шнуры;
- группа совместимости D – все типы детонирующих шнуров;
- группа совместимости G – огнепроводные шнуры, пиротехнические патроны, капсулы-воспламенители, электровоспламенители, зажигательные и электрозажигательные трубки.

Фитиль зажигательный тлеющий не является устройством, содержащим ВВ, и не относится ни к одной группе совместимости.

Допускается совместное хранение СИ, относящихся к группе G, совместно с СИ, относящимися к группам В и D.

2.3.1. Капсулы-детонаторы и электродетонаторы

Капсулы-детонаторы применяются для инициирования (возбуждения детонации) зарядов ВВ и представляют собой открытую с одного конца цилиндрическую гильзу, в нижней части которой запрессовано бризантное ВВ повышенной мощности, а сверху – иницирующее ВВ (рис. 2.1).

КД обеспечивает возбуждение детонации зарядов ВВ при температуре окружающей среды от -60 до +45 °С (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Марка КД	Материал гильзы	Применяемое первичное иницирующее ВВ	Масса первичного иницирующего ВВ
КД № 8А	Алюминий	Азид свинца	0,15
КД № 8М	Медь	Гремучая ртуть	0,35
КД № 8С	Сталь	Гремучая ртуть	0,35
КД № 8Б	Бумага	Гремучая ртуть	0,35

В качестве вторичного иницирующего вещества в КД № 8 используется заряд из гексогена массой 1 г. Гарантийный срок хранения КД № 8 – 2 года.

КД № 8 упаковываются вертикально, донышком вниз по 100–120 штук в картонные коробки, которые затем устанавливаются в металлический ящик по 50 коробок в каждый.

Капсюли-детонаторы действуют от пучка искр, от пламени, от взрыва. Они требуют осторожного обращения, так как от удара, трения, нагревания могут взорваться. Их следует хранить в сухих местах отдельно от ВВ. Негодными КД считаются при наличии сквозных трещин и помятостей на гильзе, опудренности стенок гильзы иницирующим составом, окисления в виде крупных пятен или сплошного налета на гильзах. С указанными дефектами применять КД запрещается.

Термостойкие капсюли-детонаторы ТКД-3-200 и ТКД-6-270 (рис. 2.1б) предназначены для работ, проводимых в средах с температурой выше 100 °С (таблица 2.15).

Таблица 2.15

Марка ТКД	Длина, мм	Термостойкость	Иницирующее ВВ	
			Первичное	Вторичное
ТКД-3-200	20-0,84	5 ч при $t = 195 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$	азид свинца	октоген
ТКД-6-270	35-0,84	6 ч при $t = 270 \pm 10 \text{ } ^\circ\text{C}$	азид кадмия	высокотермостойкое ВВ

ТКД упаковываются вертикально доньшком вниз (ТКД-3-200 по 35 штук, ТКД-6-270 по 51 штуке) в картонные коробки, которые устанавливаются в металлический ящик. Гарантийный срок хранения – 5 лет.

2.3.2. Электродетонаторы мгновенного действия

Они срабатывают в течение 2–6 мс, т.е. практически мгновенно. Используются для электрического способа взрывания одиночных или для одновременного взрывания групповых зарядов ВВ преимущественно в шахтах, не опасных по газу и пыли, в сухих и обводненных забоях при температуре от -60 до +45 °С. ЭД состоят из КД № 8С и электровоспламенителя (рис. 2.2):

- ЭД-8Э – с эластично закрепленным мостиком накаливания (рис. 2.3а);
- ЭД-8Ж – с жестко закрепленным мостиком накаливания (рис. 2.3б);
- ЭДС-1 – повышенной водостойкости с жестко закрепленным мостиком накаливания.

Мостик накаливания, предназначенный для зажжения состава, находящегося на его поверхности, расположен в головке электровоспламенителя. Его изготавливают из тугоплавкого сплава никрома (Ni 80%, Cr 20%), обладающего большим удельным сопротивлением.

Рис. 2.1. Капсюли-детонаторы:

- а – КД-8с; б – ТКД-3
 (1 – гильза; 2 – чашечка;
 3 – заряд первичного инициирующего вещества;
 4 – заряд вторичного вещества)

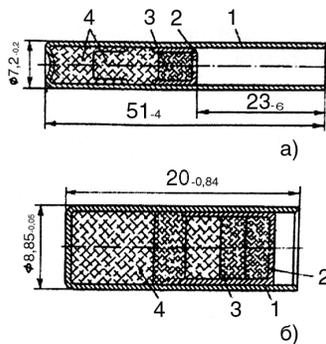


Рис. 2.2. Электродетонаторы:

- а – ЭДП; б – ЭДП-р
 (1 – гильза;
 2 – заряд инициирующего ВВ;
 3 – заряд ВВ повышенной мощности;
 4 – платино-иридиевый мостик;
 5 – воспламенительный состав;
 6 – провода;
 7 – пластиковая пробка;
 8 – крышка;
 9 – ниппель с резьбой);
 в – электровоспламенитель ЭВ
 (8 – провода)

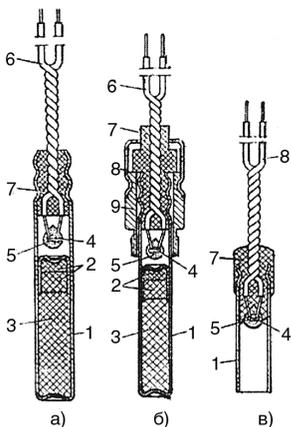


Рис. 2.3. Электродетонаторы мгновенного действия:

- а – ЭД – 8Э; б – ЭД-8Ж
 (1 – капсюль-детонатор КД8-С;
 2 – экран;
 3 – электровоспламенитель)

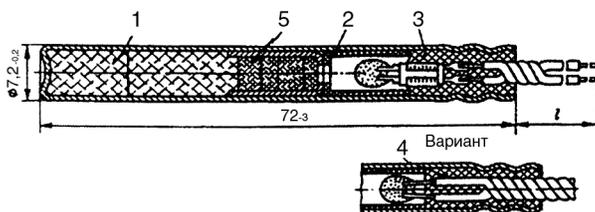
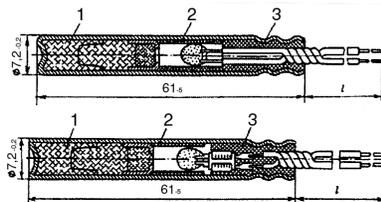


Рис. 2.4. Электродетонатор короткозамкнутого и замедленного действия:

- 1 – заряд инициирующего ВВ; 2 – экран; 3, 4 – электровоспламенитель;
 5 – пиротехнический замедлитель

Воспламенительный состав головки вызывает загорание зажигательного состава, который поджигает создаваемым им более мощным и продолжительным форсом огня заряд ИВВ, горение которого быстро переходит в детонацию и инициирует основной заряд БВВ.

Типы выпускаемых ЭД приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Марка ЭД	Материал мостика	Эл. сопротивление (в холодном состоянии), Ом	Максимальный безопасный ток, А	Минимальный ток срабатывания, А	Время срабатывания, мс	Максимальное рабочее давление, 10^5 Па	Длина выводных проводов, м
ЭДП (ЭДП-р)	платиновый иридиевый	0,5-1,5	0,18	0,4	2-6	2	1,0-1,1
ЭД-8Э	нихромовый	2,0-4,2	0,2	0,4	2-6	2	2,0-4,35
ЭД-8Ж	нихромовый нихромовый	1,8-3,0 1,8-3,6	0,2 0,2	0,4 0,4	2-6 2-6	2 1	2,0-3,25 3,5-4,35
ЭДС-1*	нихромовый нихромовый	1,5-3,0 1,8-3,3	0,2 0,2	0,4 0,4	1-3 1-3	5 5	1,0-1,1 2,5-2,7

Примечание:

* – электрический мостик жестко закреплен в пластиковой втулке. ЭД должны безотказно срабатывать от постоянного тока силой 1 А при групповом взрывании (при последовательном соединении) по 20 шт., а электродетонаторы ЭДС-1 при одиночном подрыве должны срабатывать от тока силой 0,7А. ЭДП-р отличаются от ЭДП наличием резьбовой втулки.

В качестве воспламенительного состава берут смесь бертолетовой соли (47%), родонистого свинца (27%) и костного клея (26%).

ЭД-8Э и ЭД-8Ж могут применяться вместе с ЭД-3-Н (рис. 2.4) в качестве нулевой ступени замедления при короткозамедленном взрывании групповых зарядов. ЭДС-1 используют для сейсморазведочных работ.

Электродетонаторы имеют концевые провода с медной жилой следующей номинальной длины: ЭД-8 – 2000, 2500, 3000, 4000 мм; ЭДС-1 – 1000 и 2500 мм.

В качестве источника тока для ЭД-8 и ЭДС-1 могут быть взрывные приборы конденсаторного типа. При взрывании ЭД в группах от взрывных приборов общее сопротивление электровзрывной сети не должно превышать пределов, указанных в документации на взрывные приборы. Величина постоянного тока при последовательном соединении ЭД до 100 штук должна быть 1А, при соединении до 300 штук – 1,3 А; в случае применения переменного тока – 2,5 А.

ЭДП и ЭДП-р (рис. 2.2) упаковываются рядами в картонные коробки по 40 штук и 20 штук, при этом в каждом ряду 5–10 штук.

Один ряд укладывается капсулями-детонаторами в одну сторону, а другой – в другую. Картонные коробки помещают в общую металлическую (2 картонные коробки по 40 штук и 1 по 20 штук).

ЭД-8 и ЭДС-1 кладут рядами в картонные коробки по 5–10 штук в каждом ряду. При этом один ряд должен быть уложен капсулями-детонаторами в одну сторону, а следующий ряд – в другую. В зависимости от длины проводов в картонные коробки может быть упаковано 30–70 штук ЭД8 и 50–80 штук ЭДС-1. Картонные коробки с ЭД-8 и ЭДС-1 помещают в металлические ящики. Гарантийный срок хранения – 2 года.

2.3.3. Электродетонаторы короткозамедленного и замедленного действия

Электродетонаторы замедленного и короткозамедленного действия ЭД-З-Н состоят из КД-8С, в колпачок которого перед зарядом ИВВ впрессован замедляющий пиротехнический состав (ПС) и электровоспламенитель. Их применяют для электрического взрывания больших серий зарядов ВВ в условиях сухости и отсутствия воды на открытых и подземных работах, в том числе и в сланцевых шахтах, опасных из-за пыли, кроме угольных шахт, опасных из-за метана и угольной пыли при температуре внешней среды от -60 до +45 °С (рис. 2.4). Выпускают ЭД-З-Н 23-х серий с номинальным временем замедления от 20 до 10 000 мс, позволяющим увеличить число взрывааемых зарядов в группе и соответственно повысить эффективность взрывных работ. Во всех этих ЭД замедление осуществляют с помощью ПС, замедлителя определенной массы и плотности, сгорающего с постоянной скоростью. Заданное время срабатывания ЭД обеспечивают подбором высоты и плотности столбика замедлителя ПС или изменением его рецептуры (табл. 2.17).

Таблица 2.17

Номер серии	Номинальное время замедления, мс	Номер серии	Номинальное время замедления, мс	Номер серии	Номинальное время замедления, мс
1	20	9	200	17	1000
2	40	10	250	18	1500
3	60	11	300	19	2000
4	80	12	350	20	4000
5	100	13	400	21	6000
6	125	14	450	22	8000
7	150	15	500	23	10000
8	175	16	750		

ЭД короткозамедленного и замедленного действий изготавливают только с жестким креплением мостика накаливания. Материал мостика – нихром. ЭД упаковывают в картонные коробки по 20–60 штук (в зависимости от длины их проводов), которые помещают в металлические коробки с плотными крышками и затем – в ящики. В каждой коробке должен быть товарный ярлык, а в каждом ящике – инструкция по применению ЭД. Вместе с партией, содержащей 10–50 тыс. штук ЭД в отдельных ящиках, как и при отправке ЭД мгновенного действия, посылают потребителю такое же количество контактных зажимов. ЭД хранят и транспортируют отдельно от ВВ. ЭД отнесены к 1 классу, подклассу 1.1, группе совместимости В. Гарантийный срок хранения – 2 года.

Электрическое сопротивление (в холодном состоянии) в зависимости от длины проводов составляет для проводов длиной 2,7 м – 1,0–3,0 Ом, для проводов длиной 4,35 м – 1,8–3,6 Ом. Безопасная величина постоянного тока, не вызывающая воспламенения ЭД в течение 5 минут, – 0,2 А.

Электродетонаторы гарантированно срабатывают при одиночном подрыве от тока силой 0,7 А.

Интервалы замедлений ЭД-КЗ и ЭД-ЗД приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.18

Марка	Число серий замедлений	Обозначения на бирках	Для ЭД-ЗД интервалом замедление, с
ЭДКЗ-15	6	1, 2, 3, 4, 5, 6	15; 30; 45; 60; 100; 120
ЭДКЗ-25	6	1, 2, 3, 4, 5, 6	25; 50; 75; 100; 150; 250
ЭД-ЗД	9	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,4; 6,8; 10

Отклонения от номинальных замедлений при токе 1А составляют: для первой и второй серий ± 10 мс; для третьей от -10 до +15 мс; для четвертой от -15 до +30 мс; для пятой от -15 до +45 мс; для шестой и последующих серий ± 50 мс.

В качестве нулевой степени замедления используются электродетонаторы ЭД-8Э или ЭД-8Ж.

2.3.4. Электродетонаторы предохранительные короткозамедленного действия

Они состоят из азидо-гексогенового КД повышенной мощности с замедлителем (рис. 2.5) и ЭВ. Предназначены для взрывания зарядов предохранительных ВВ в угольных, сланцевых и других шахтах, опасных из-за газа и пыли. На боковую наружную поверхность их гильзы наносят оболочку толщиной 0,1–0,2 мм из предохранительной массы, состоящей на 55% из сернистого

калия (пламегасящий компонент) и 45% нитроцеллюлозного лака. Эта оболочка предотвращает воспламенение метановоздушной среды при случайном обнажении ЭД в угольных шахтах и взрыве его в свободно подвешенном состоянии вне шпурового заряда применяемого предохранительного аммонита.

ЭД изготавливают двух типов: 1) с эластичным креплением мостика накаливания; 2) с жестким креплением.

Первичным зарядом в ЭД является 0,15 г азида свинца, а вторичным – 1,3 г гексогена. Увеличенный вторичный заряд применяют для повышения иницирующей способности ЭД в целях безотказной детонации ими патронов предохранительных ВВ.

Электрическое сопротивление (в холодном состоянии) при длине проводов 2,7 м составляет: для ЭД с жестким креплением мостика накаливания 1,8–3,0 Ом; для ЭД с эластичным креплением мостика накаливания 2,0–4,0 Ом. Безопасная величина постоянного тока, не вызывающая воспламенения ЭД в течение 5 минут, – 0,18 А.

Электродетонаторы гарантированно срабатывают при одиночном подрыве от тока силой 0,7 А.

Предохранительные электродетонаторы выпускаются следующих марок: ЭДКЗ-П, ЭДКЗ-ПМ, ЭДКЗ-ПКМ.

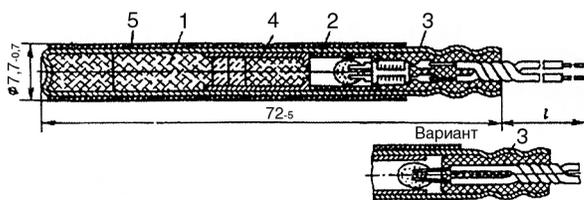


Рис. 2.5. Электродетонатор предохранительного типа:

1 – капсуль-детонатор; 2 – экран; 3 – электровоспламенитель;
4 – пиротехнический замедлитель; 5 – предохранительное покрытие

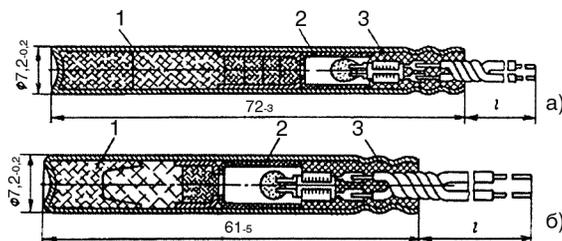


Рис. 2.6. Электродетонаторы:

а – замедленного действия ЭД-1-3-Т, защищенный;
б – мгновенного действия ЭД1-8-Т, защищенный
(1 – капсуль-детонатор с замедлением; 2 – экран;
3 – электровоспламенитель)

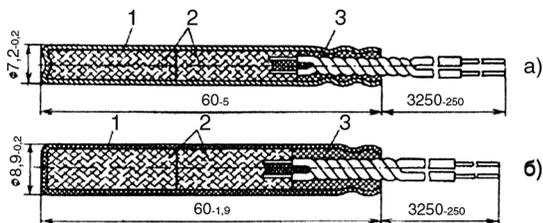
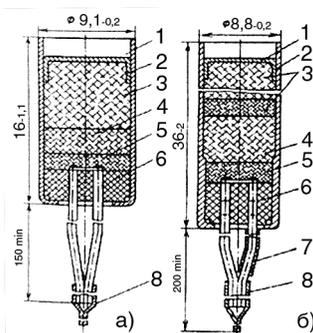


Рис. 2.7. Электродетонаторы высоковольтные:

а – ЭДВ-1; б – ЭДВ-2

(1 – гильза; 2 – бриллиантовое ВВ; 3 – электровоспламенитель)



2.8. Электродетонаторы: а – ТЭД-200; б – ТЭД-270

(1 – колпачок; 2 – чашечка; 3 – вторичное инициирующее ВВ;
4 – первичное инициирующее ВВ; 5 – воспламенительный состав;
6 – электровоспламенитель; 7 – трубка; 8 – колпачок замыкающий)

Марки ЭДКЗ-П и ЭДКЗ-ПМ выпускаются 13 серий замедления в интервале от 4 до 125 мс и интервалами нулевым, 15 и 25 мс. Интервалы замедления предохранительных ЭД приведены в таблице 2.19.

Таблица 2.19

Марка	Число серий	Обозначение на бирках	Номинальное замедление, мс
ЭДКЗ-ОП	1	ОП	4
ЭДКЗ-ПМ15	8	1ПМ, 2ПМ, 3ПМ, 4ПМ, 5ПМ, 6ПМ, 7ПМ, 8ПМ	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120
ЭДКЗ-ПМ25	4	1П, 2П, 3П, 4П	25; 50; 75; 100

Электродетонаторы марки ЭДКЗ-ПМ производятся 9 серий замедления в интервале 4 до 200 мс (табл. 2.20).

Таблица 2.20

Серия замедления	Время замедления, мс		Серия замедления	Время замедления, мс	
	номинальное	предельное отклонение		номинальное	предельное отклонение
ОПК	4	2-6	5ПК	100	90-110
1ПК	20	13-27	6ПК	125	115-135
2ПК	40	33-47	7ПК	150	138-162
3ПК	60	53-67	8ПК	175	163-187
4ПК	80	70-90	9ПК	200	188-212

ЭДКЗ-ПКМ всех серий кроме ОП имеют бирку на проводах с обозначением серии замедления (1ПК, 2ПК и т.д.).

Упаковываются ЭДКЗ, ЭДЗД, ЭДКЗ-ПКМ по 20–80 штук в картонные коробки, которые по 24 штуки устанавливаются в металлические коробки.

Гарантийный срок хранения – 2 года.

2.3.5. Электродетонаторы замедленного действия, защищенные от наводимых токов

От обычных электродетонаторов отличаются конструкцией электровоспламенителя, защищенного от блуждающих токов и зарядов статического электричества. Защита от блуждающих токов обеспечивается антистатическим покрытием головки воспламенителя и большим током срабатывания (рис. 2.6). Существует два типа: ЭД-1-8-Т – мгновенного действия; ЭД-1-3-Т – короткозамедленного и замедленного действия.

Электрическое сопротивление в зависимости от длины проводов (длина может быть 2,7 и 4,35 м) в пределах 0,5–1,1 Ом.

Безопасный постоянный ток 0,92 А в течение 5 минут. Гарантированный ток срабатывания при одиночном подрыве – 5 А. Электродетонатор не должен срабатывать при воздействии зарядов статического электричества, создаваемого разрядом конденсатора емкостью 500 пф, заряженного до 10 кВ, при подаче его на гильзу ЭД и замкнутые накоротко провода, на гильзу и поочередно на каждый из проводов, и, наконец, только на выводные провода.

Электродетонаторы ЭД-1-3-Т выпускаются 23 серий замедления при допустимом токе срабатывания 5 А (табл. 2.21).

Таблица 2.21

Номер серии	Время замедления, мс		Окраска гильзы
	номинальное	допустимые пределы	
1	20	18-32	Черная ¹
2	40	38-52	Красная
3	60	53-67	Серая
4	80	68-87	Зеленая
5	100	88-112	Коричневая
6	125	113-137	Желтая
7	150	138-162	Белая
8	175	163-187	Синяя
9	200	188-212	Фиолетовая
10	250	226-274	Черная ²
11	300	276-324	Красная
12	350	326-374	Серая
13	400	376-424	Зеленая
14	450	426-474	Коричневая
15	500	476-548	Желтая
16	750	552-648	Белая
17	1000	652-748	Синяя
18	1500	752-848	Защитная
19	2000	852-948	Черная ³
20	4000	952-1048	Красная
21	6000	1300-1700	Серая
22	8000	1720-2280	Зеленая
23	10000	3500-4500	Коричневая

¹ – Окраска дна гильзы.

² – Окраска дульца на высоту 15-20 мм.

³ – Окраска середины гильзы (5-10 мм).

Кроме того, к проводам ЭД (включая ЭД-1-8-Т) крепится бирка с указанием номера серии и буквы "Т", обозначающей их защиту от блуждающих токов и статического электричества. ЭД упаковываются в картонные коробки по 30–60 штук с последующим вкладыванием их в металлические ящики. В каждый ящик также помещают картонную коробку с контактными зажимами по 200 штук в каждый. Гарантийный срок хранения – 2,5 года.

2.3.6. Электродетонаторы высоковольтные

Предназначены для инициирования зарядов ВВ в специальных дневных работах на поверхности: при штамповке деталей взрывом, импульсной обработке металлов, рыхлении мерзлых грунтов с дроблением специальных пород. ЭДВ изготавливаются двух типов (рис. 2.7): ЭДВ-1 с металлической гильзой и ЭДВ-2 с пластмассовой гильзой.

Особенностью ЭДВ является отсутствие первичного иницирующего вещества. В качестве заряда вторичного иницирующего вещества используется ТЭН. При подаче высоковольтного напряжения на мостик его материал переходит в плазменное состояние и формирует достаточный ударный импульс для иницирования ТЭНа.

Материал мостика – медь или никель. Сопротивление мостика 0,2–0,6 Ом – медного; 3,2–4,2 Ом – никелевого. Параметры источника тока для ЭДВ: напряжение 15 кВ при емкости конденсатора 0,47 мкф и длине соединяющего кабеля не более 20 м. ЭДВ нечувствителен к блуждающим токам напряжением до 10 кВ. Водостойкость при давлении воды 0,02 Мпа: ЭДВ-1 – 3 часа, ЭДВ-2 – 15 минут.

Упаковываются в картонные коробки по 60 штук (по 6 штук в ряду). Затем – в металлические ящики. Гарантийный срок хранения ЭДВ-1 – 1,5 года, ЭДВ-2 – 1 год.

2.3.7. Электродетонаторы и электровоспламенители термостойкие

В зависимости от термостойкости бывают двух модификаций (табл 2. 22, рис. 2.8).

Таблица 2.22

Характеристика	ТЭД-200	ТЭД-270
Первичное иницирующее ВВ	азид свинца	азид кадмия
Вторичное иницирующее ВВ	октоген	высокотемпературное ВВ
Термостойкость в течение 6 часов, °С	200	270
Материал мостика	нихром	нихром
Сопротивление мостика в холодном состоянии, Ом	1,5-4,0	1,5-3,0
Стойкость к зарядам статического электричества, кВ	3	25
Безопасный постоянный ток, А	0,18	0,18
Ток срабатывания, А	1	1

ТЭДы по 20 штук кладут в картонные коробки в два ряда. Согнутые выводные провода одного ряда ТЭД должны быть уложены в одну сторону, а другого – в противоположную сторону. Картонные коробки помещают в металлические, а последние – в деревянные ящики. Гарантийный срок хранения – 2 года.

2.4. Детонирующие шнуры общего назначения

Детонирующий шнур (ДШ) общего назначения используется для передачи детонации к зарядам ВВ на большие расстояния или для возбуждения детонации в отдельных зарядах при бескапсюльном взрывании (рис. 2.9). ДШ представляет собой удлиненный заряд мощного ВВ, безотказно детонирующий в заряде малого диаметра, покрытый несколькими оплетками из хлопчатобумажной или синтетической пряжи с изолирующим наружным покрытием. Выпускаются ДШ различной мощности и водостойкости (табл. 2.23).

Таблица 2.23

Характеристика	Марка шнура							
	ДША	ДШВ	ДШЭ-12	ДШЭ-12Г	ДШЭ-30	ДШЭ-50	ДШ-13	ДШЭ-6
Наружный диаметр шнура, мм	4,8-5,4	5,5-6,1	4,5-5,5	4,5-5,5	6,5-8,5	10-12	5,2-5,8	3,2-4,7
Число оплеток	3	3	–	–	–	–	3	–
Материал оболочки	Пряжа	ПВХ	ПЭ	ПЭ	ПЭ	ПЭ	–	ПЭ
ВВ сердцевин	Тэн	Тэн	Тэн	Гексоген	Гексоген	Гексоген	ЭГ-85	ВДТ
Масса ВВ, г	12-13	13,5-14,5	11,5-13	17-20	27-33	17-53	29-35	5-6,5
Число нитей в первой оплетке, шт.	14	14	–	–	–	–	14	–
Число нитей во второй оплетке, шт.	18-20	10-20	–	–	–	–	5	–
Число нитей в третьей оплетке, шт.	10-20	10-20	–	–	–	–	5	–
Число продольных нитей под пластиковой оболочкой, шт.	–	–	24-40	24-40	45-50	55-60	–	16-30
Скорость детонации, км/с	6,5	6,5	6,2	6-6,6	6-6,6	6,8	7,0	6,2
Допустимая температура эксплуатации, °С	-28+50	-35+60	-40+65	-40+65	-40+65	-50+80	-50+80	-40+65
Водостойкость: Время выдержки, сут.	0,5	30	30	30	30	30	30	30
Гидростатическое давление воды, МПа	0,5	1,0	30	30	30	30	30	30
Прочность шнура на разрыв, не менее, Н	490	490	490	490	980	980	490	–
Гарантийный срок хранения, год	2	3	3	2	3	3	5	2

ДША – тэновый нормальной мощности и малой водостойкости в оплетке из пряжи (рис. 2.9);

ДШБ – тэновый нормальной мощности влагостойкий в оплетке из водоизолирующей мастики (ДШБ – военного применения);

ДШВ – тэновый нормальной мощности повышенной водостойкости в оболочке из пластифицированного поливинилхлорида (рис. 2.10);

ДШЭ-12 – тэновый нормальной мощности и высокой водостойкости в полиэтиленовой оболочке (рис. 2.11);

ДШЭ-12Г – гекогеновый повышенной мощности и высокой водостойкости в полиэтиленовой оболочке;

ДШЭ-30 – гекогеновый повышенной мощности, высокой водостойкости в полиэтиленовой оболочке;

ДШЭ-50 – гекогеновый высокой мощности и высокой водостойкости в полиэтиленовой оболочке;

ДШЭ-6 – тэновый маломощный водостойкий (рис. 2.12);

ДШЭ-13 – нормальной мощности с сердцевинной из пластифицированной композиции ЭГ-85 с высокой водо- и агрессивностостью (рис. 2.13);

ДШ выпускают отрезками по 20, 50, 100 м, сворачивают в бухты, перевязывают шпагатом, по 4–5 бухт укладывают в ящик.

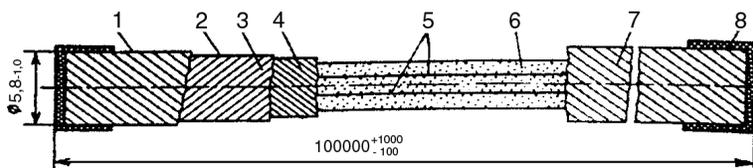


Рис. 2.9. Шнур марки ДША:

1, 2, 8 – водоизолирующие покрытия; 3 – обмотка II; 4 – обмотка I;
5 – ведущие нити; 6 – сердцевина; 7 – обмотка III

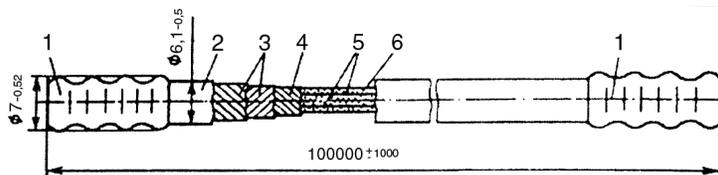


Рис. 2.10. Шнур детонирующий ДШВ:

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

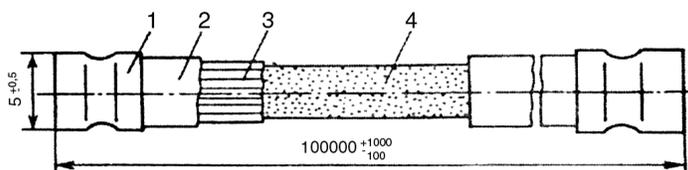


Рис. 2.11. Шнур марки ДШЭ-12:

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

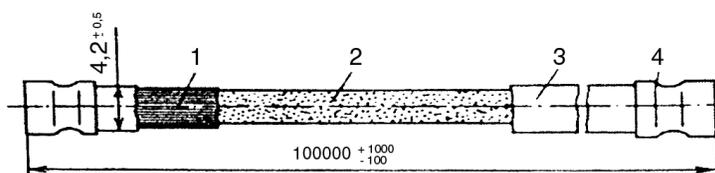


Рис. 2.12. Шнур марки ДШЭ-6:

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

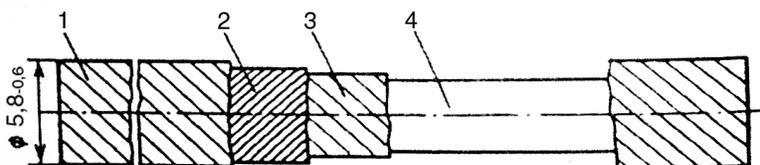


Рис. 2.13. Шнур детонирующий ДШЭ-13:

1 – обмотка III; 2 – обмотка II; 3 – обмотка I; 4 – сердцевина

2.5. Термостойкие и короткозамедленные детонирующие шнуры

Термостойкие ДШ предназначены для передачи детонации к зарядам ВВ при работах в средах с температурами выше +80 °С. Существуют следующие марки шнуров: ДШТ-200 ДШУ-33М (рис. 2.14), ДШТТ-180/800, ДШТВ-150/800 (табл. 2.24).

Таблица 2.24

Наименование ДШ	Марка	Тип ВВ	Масса ВВ, г/м	Предельная рабочая температура при избыточном давлении	Безотказно детонирует от	Гарантийный срок	Примечание
					Безотказно передает детонацию к промежуточным детонаторам		
Детонирующий шнур термостойкий	ДШТ-200	Порошкообразный гексоген или октоген	22±2	до +200 °С без избыточного давления	ТЭД-200	5	
					ДП-200		
Детонирующий шнур термостойкий	ДШУ-33М	Порошкообразный гексоген или октоген	33±2	от -50 °С до +100 °С при избыточном давлении до 49 МПа	Патрон ПГ-170	5	
					ДП-ДПС		
Детонирующий шнур таблеточный термостойкий	ДШТТ-180/800	Таблетки из пресованного гексогена или октогена	~25 ~35	до +180 °С при избыточном давлении до 80 МПа	Патрон ПВТУ-5-160	5	∅ 7,2 мм ∅ 9,2 мм
					ДП-1		
Детонирующий шнур термоводостойкий	ДШТВ-150/800	Эластичный жгут ЭЖ-1	32±3	от -50 °С до +150 °С при избыточном давлении до 78,4 МПа	Патрон ПВГЦ-4 ДП-2	3	Безотказно детонирует после выдержки в течение 6 часов в среде при $t = \pm 145$ °С и давлении 78,4 МПа

Примечание: при использовании термостойких ДШ для устойчивого детонирования и безотказной передачи детонации к зарядам ВВ при отсутствии штатных средств детонации и промежуточных детонаторов рекомендуется вместо них применять 200-граммовые тротиловые шашки или аммонитные патроны.

Термостойкие ДШ выпускаются отрезками длиной 50 м и сворачиваются бухтами, бухты обертывают в пергамент или подпергамент, а затем упаковывают в деревянные ящики.

Короткозамедленный детонирующий шнур КЗДШ (реле пиротехническое РП-8, РШ-17) используют для короткозамедленного бескапсюльного взрывания нескольких серий зарядов при температуре от -45 °С до +50 °С (рис. 2.15). Производится 3 серии с интервалами замедления 20, 35 и 50 мс. Безотказно срабатывают от всех средств взрывания, предназначенных для инициирования

детонации ДШ обычного применения. Сохраняют работоспособность после нахождения в среде с относительной влажностью 95% при температуре 25-35 °С в течение 240 ч.

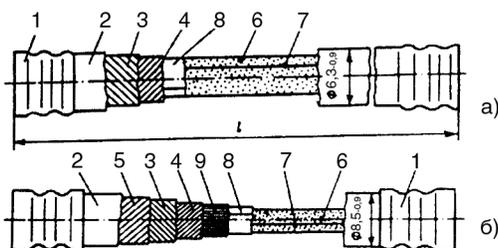


Рис. 2.14. Термостойкий детонирующий шнур:

а – ДШТ- 200; б – ДШУ 33М (1 – колпачок; 2 – оболочка; 3, 4, 5 – слои обмотки; 6 – сердцевина; 7 – нить ведущая; 8 – трубка, 9 – нити продольные)

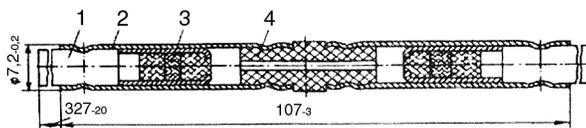


Рис. 2.15. Реле пиротехническое РП-8:

1 – шнур; 2 – гильза; 3 – замедлитель; 4 – пробка

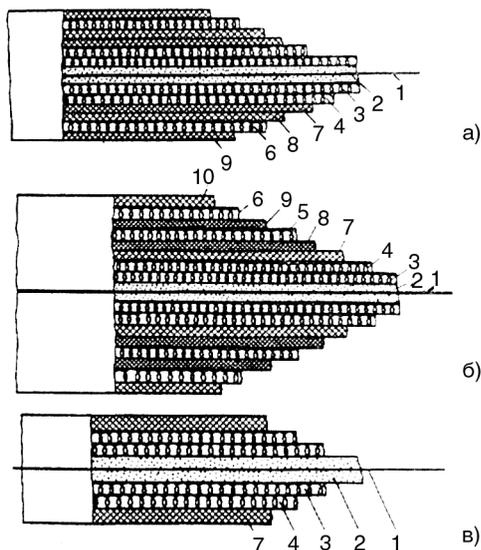


Рис. 2.16. Огнеподводные шнуры:

а – ОША; б – ОШДВ; в – ОШП (1 – центральная нить; 2 – шнуровый порох; 3–6 – оплетки; 7–10 – водоизолирующее покрытие)

2.6. Огнепроводные шнуры

Воспламеняют КД при огневом способе взрывания зарядов ВВ при температуре от $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$. ОШ состоит из пороховой сердцевины с направляющей нитью в середине и ряда внутренних и наружных оплеток и оболочек (рис. 2.16), выпускаются четырех марок, различающихся по температурной устойчивости и водостойкости (табл. 2.25).

Таблица 2.25

Марка	Тип оболочки	Диаметр, мм	Время горения 60 мм шнура, с	Разброс времени горения, не более, с	Водостойкость, ч	Теплостойкость, $^{\circ}\text{C}$	Морозостойкость, $^{\circ}\text{C}$
ОША	Асфальтированный с трехслойной нитяной оплеткой	4,8-5,8	60-70	± 10	1	45	-25
ОШДА	Дважды асфальтированный (по 3-й и 4-й оплеткам) повышенной водостойкости	5-6	60-70	± 10	4	45	-25
ОШП	Пластикатный с поливинилхлоридной оболочкой (трубкой), высокой водостойкостью	5-6	60-70	± 10	4	45	-35
ОШЭ	Пластикатный с двойной полиэтиленовой оболочкой, морозо- и маслостойкий	5-6	60-70	± 10	4	45	-35

ОШ бывают темно-серого или черного цвета отрезками по 10 м, свернутыми в бухты разного диаметра, которые вкладывают друг в друга. Затем по 20–25 бухт упаковывают в пакеты из влагоизолированной бумаги или полиэтиленовой пленки и помещают в ящики из картона.

2.7. Электрозажигательные и зажигательные трубки

Предназначены для электроогневого способа взрывания одиночных зарядов с необходимым временем замедления при ведении взрывных работ на поверхности и в шахтах, не опасных по газу и пыли (рис. 2.17). Состоит из отрезка ОШ определенной длины, передаточного воспламенительного заряда и электровоспламенителя с выводными проводами. Выпускаются марки ЭЗТ-2

с отрезками ОШ длиной 300–340 мм или 620–680 мм. Комплектующие элементы могут поставляться отдельно. Длины выводных проводов могут быть 2, 2,5, 3,5 и 4 м.

Зажигательные трубки используются для инициирования зарядов при огневом способе взрывания (рис. 2.18, 2.19).

Выпускаются трех серий замедления: 50, 150 и 300 секунд (табл. 2.26).

Таблица 2. 26

Характеристики	Наименование трубок		
	ЗТП-50	ЗТП-150	ЗТП-300
Время замедления взрыва, сек: на воздухе в воде на глубине 5 м	50	150	360
	40	100	300
Длина, см	55	150	100
Вес, г	50	75	65
Цвет огнепроводного шнура	Серовато-белый		Голубой*

*Трубки ЗТП-300 первых выпусков имеют огнепроводный шнур серовато-белого цвета

Упаковываются в металлические коробки, в каждой из которых находится 20 штук ЗТП-50 и 10 штук ЗТП-150 или 30 штук ЗТП-300 с механическим воспламенителем; 10 штук ЗТП-50 и 5 штук ЗТП-150 или 15 штук ЗТП-300 с терочным воспламенителем.

Электрическое сопротивление ЭЗТ-2 с проводами 2 и 2,5 м – 1,8–3,0 Ом; с проводами 3,5 и 4 м – 1,8–3,6 Ом.

Безопасный ток 0,18 А. Гарантированный постоянный ток срабатывания 1 А, переменный – 2,5 А.

Гарантийный срок хранения – 1 год.

2.8. Средства зажигания огнепроводных шнуров

Патроны зажигательные бумажные одновременно зажигают от 6 до 36 отрезков ОШ при огневом способе взрывания на дневной поверхности при температуре от -40 до +50 °С и в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Марка патронов ЗП-Б. Это неводоустойчивая бумажная парафинированная гильза из картона, на дне которой помещена лепешка зажигательного состава толщиной 2–3 мм. Верхняя открытая часть гильзы разрезана на 4 лепестка с буртиками для облегчения вставки пучка отрезков ОШ, которые затем крепятся шпагатом. Один из отрезков ОШ служит для поджига, остальные магистральные идут к зарядам ВВ (табл. 2.27).

Таблица 2.27

Номерной индекс патрона	Размер гильзы, мм		Масса зажигательной лепешки, г	Количество помещаемых отрезков ОШ, включая ЭЗ-ОШ													
	внутренний диаметр	длина															
ЗП-Б-1	20	50	1,0	До 7													
ЗП-Б-2	24	55 </tr <tr> <td>ЗП-Б-3</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>20</td> <td>13-19</td> </tr> <tr> <td>ЗП-Б-4</td> <td>35</td> <td>60</td> <td>2,5</td> <td>20-27</td> </tr> <tr> <td>ЗП-Б-5</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>30</td> <td>28-37</td> </tr>	ЗП-Б-3	30	60	20	13-19	ЗП-Б-4	35	60	2,5	20-27	ЗП-Б-5	40	60	30	28-37
ЗП-Б-3	30	60	20	13-19													
ЗП-Б-4	35	60	2,5	20-27													
ЗП-Б-5	40	60	30	28-37													

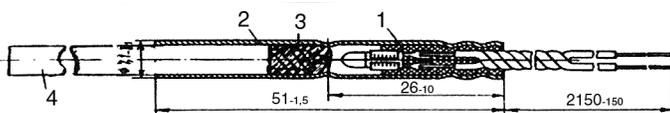


Рис. 2.17. Электрозажигательная трубка ЭЗТ-2:

1 – электровоспламенитель; 2 – гильза; 3 – чашечка с передаточным воспламенительным зарядом; 4 – отрезок ОШ

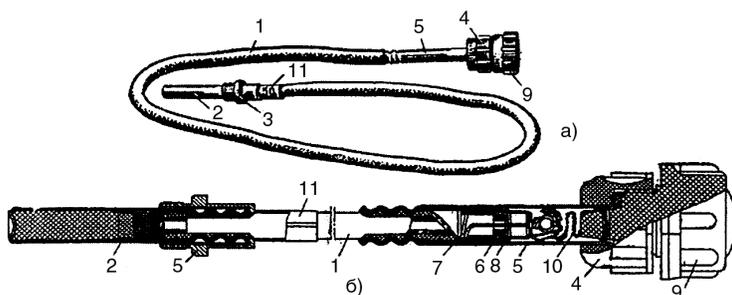


Рис. 2.18. Зажигательная трубка с терочным воспламенителем:

а – общий вид; б – разрез (1 – огнепроводный шнур;
 2 – капсюль-детонатор № 8-А; 3 – ниппель; 4 – корпус; 5 – трубка;
 6 – терочный капсюль-воспламенитель; 7 – терка;
 8 – гильза; 9 пробка; 10 – капроновая нить;
 11 – алюминиевая муфточка с цифрой, указывающей время замедления в секундах)

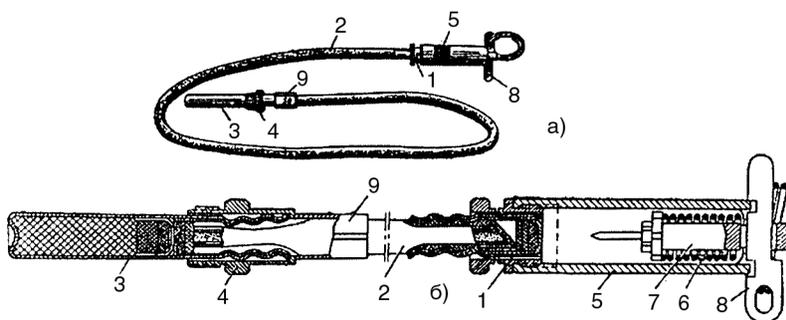


Рис. 2.19. Зажигательная трубка с механическим воспламенителем:

а – общий вид; б – разрез (1 – воспламенительный узел;
2 – огнепроводный шнур; 3 – капсюль-детонатор № 8-А; 4 – ниппель;
5 – корпус; 6 – пружина; 7 – ударник; 8 – чека с кольцом;
9 – алюминиевая муфточка с цифрой, указывающей время
замедления в секундах)

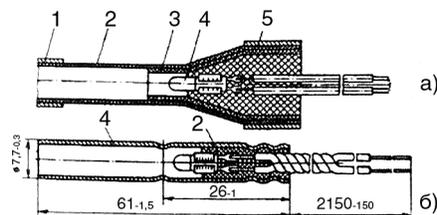


Рис. 2.20. Электрозажигатели огнепроводных шнуров:

а – ЭЗ-ОШ-Б; б – ЭЗ-ОШ-М (1,5 – втулки; 2, 3 – гильзы;
4 – электровоспламенитель)

Патроны ЗПБ-1 упаковывают в картонные коробки, которые перевязывают шпагатом, а затем помещают в деревянные ящики. Патроны остальных номеров укладываются без коробок в деревянные ящики, выложенные внутри теплоизолирующей бумагой.

Гарантийный срок хранения патронов – 2 года, после повторного результата испытаний на безотказность допускается срок хранения и использования продлить на 6 месяцев. После его истечения патроны подлежат уничтожению.

Электрозажигатель огнепроводного шнура (рис. 2.20) предназначен для одновременного зажигания пучка концов ОШ, вставленных в патрон ЗП-Б, или для зажигания одного отрезка ДШ, смонтированного с КД при температурах от -40 до $+50$ °С при открытых горных работах (табл. 2.28).

Таблица 2.28

Электрозажигатель	Способ крепления мостика накаливания	Электрическое сопротивление, Ом
ЭЗ-ОШ-Б	Жесткое	1,6-3,0
ЭЗ-ОШ-МЖ	То же	1,8-3,0
ЭЗ-ОШ-МЭ	Эластичное	2,0-4,2

Безопасный ток – 0,18 А. Ток срабатывания – 1 А. Гарантийный срок хранения – 3 года.

Фитиль зажигающий тлеющий предназначен для зажигания огнепроводного шнура при ведении взрывных работ огневым способом в диапазоне температур от -50 до +50 °С. Представляет собой жгут из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной калиевой селитрой и помещенной в оплетку из хлопчатобумажной пряжи. Выпускается двух типов – ФЗТ-1 и ФЗТ-2. Оплетка фитиля ФЗТ-1 не окрашена, а фитиля ФЗТ-2 имеет желтый цвет. Пачки фитиля упаковывают по 5 штук в полиэтиленовый пакет.

3. Способы взрывания зарядов

3.1. Классификация способов взрывания

В зависимости от применяемых средств различают следующие способы взрывания зарядов: огневой, электроогневой, электрический и детонирующим шнуром. Первые три могут применяться самостоятельно. Взрывание детонирующим шнуром выполняется совместно с огневым или электрическим способами.

Электроогневое взрывание является разновидностью огневого. При этом способе детонация зарядов ВВ производится взрывом капсуля-детонатора, а воспламенение огнепроводного шнура – посредством вспышки (от электрического тока) пороховой лепешки.

По последовательности взрывания отдельных зарядов или их групп различают мгновенное, короткозамедленное и замедленное взрывание (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Способ взрывания	Характеристика способа	Средства осуществления	Условия применения
по средствам взрывания			
Огневой	Заряд детонирует от КД, который получает начальный импульс от искры горячей пороховой сердцевины ОШ	КД, ОШ и средства его зажигания (воспламеняющий фитиль, спички, горящий ОШ с насечками)	На открытых и подземных разработках при дроблении негабарита, при ВР на карьерах и в шахтах, кроме шахт, опасных по газу и пыли, при ледокольных работах
Электроогневой	Заряд детонирует от КД, а ОШ воспламеняется от электрозажигателя	КД, ОШ и средства их воспламенения	При проходке выработок, шурфов и камер
Электрический	Заряд детонирует от ЭД	ЭД, проводники, источники электрического тока и контрольно-измерительная аппаратура	Основной способ взрывания в шахтах, опасных по газу и пыли; при проходке выработок; при взрывании скважинных зарядов; при проведении АСДНР
Детонирующим шнуром	Заряд детонирует от ДШ, который получает начальный импульс от КД или ЭД	ДШ, ЭД или КД	Основной способ взрывания скважинных зарядов на карьерах, при проведении АСДНР
по последовательности взрывания отдельных зарядов			
Мгновенный	Взрывание группы зарядов происходит практически мгновенно	ДШ или ЭД мгновенного действия	В комбинации с короткозамедленным взрыванием при многорядном взрывании
Короткозамедленный	Заряды взрываются с определенным интервалом 10...25 мс – 150...200 мс	ЭДКЗ и замедлители КЗДШ	Самый распространенный способ взрывания при проведении АСДНР
Замедленный	Заряды взрываются с интервалом 0,15...0,2 с – 2 с и более	ЭДЗД	При проходке выработок

3.2. Огневой и электроогневой способы взрывания

Огневой способ применяют при дроблении льда и ледяных заторов, негабарита на карьерах и в шахтах, неопасных из-за газа и пыли. При огневом взрывании применяют КД, ОШ и средства его зажигания. Для детонации зарядов используется зажигательная трубка, которая состоит из КД и соединенного с ним отрезка ОШ (рис. 3.1). При ее изготовлении необходимо следить, чтобы конец ОШ, вводимый в детонатор, имел нормальный к осевой линии срез. Противоположный конец ОШ срезается наискось. Нормальный срез необходим для получения более плотного соприкосновения конца шнура с чашечкой детонатора, а срез наискось – для облегчения зажигания. Длина зажигательных трубок для одного забоя (участка) должна быть одинаковой, но не менее 1,0 м. Для прочного закрепления ОШ с детонатором дульце металлического КД обжимается щипцами-обжимками или специальным прибором. Детонатор в бумажной гильзе скрепляют с ОШ изоляционной прорезиненной лентой.

Зажигательные трубки делают на специальных площадках в отдельных помещениях склада ВВ. Чистым острым ножом на деревянной подкладке отрезают под прямым углом кусок ОШ необходимой длины, затем вынимают из коробки КД и проверяют его пригодность. Обрезанный под прямым углом конец ОШ осторожно вводят в гильзу КД до упора в чашечку. Шнур должен входить в гильзу легко, без нажима и вращения, которые могут привести к взрыву КД. Если шнур входит в гильзу слишком свободно, конец его обертывают одним слоем изоляционной ленты или бумаги (рис. 3.1).

При использовании зажигательных трубок в сырых местах и при подводных взрывах место соединения ОШ с КД покрывается изоляционной лентой.

Зажигательную трубку разрешается зажигать только тлеющим фитилем, отрезком ОШ или зажигательным патроном, одиночный заряд – спичкой. При применении зажигательной трубки с терочным воспламенителем (рис. 2.18) необходимо:

- ввинтить капсюль-детонатор в запальное гнездо заряда;
- отвинтить пробку терочного воспламенителя;
- держа воспламенитель левой рукой за корпус, правой выдерживать рывком пробку с теркой.

При выдергивании терки загорается терочный воспламенитель, который зажигает огнепроводный шнур. Пучок искр ОШ после сгорания его по всей длине вызывает взрыв капсюля-детонатора.

Зажигательная трубка с механическим воспламенителем (рис. 2.19) состоит из воспламенительного узла, ОШ, капсюля-детонатора № 8-А, ниппеля с резьбой и механического воспламенителя.

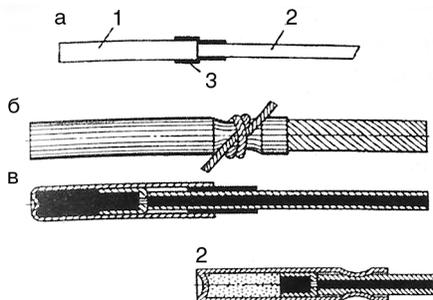


Рис. 3.1. Соединение капсюля-детонатора с огнепроводным шнуром:
 а – изоляционной лентой;
 б – шнурком;
 в – накруткой бумажной ленты на ОШ;
 г – обжимом металлической гильзы (1 – КД; 2 – ОШ; 3 – место обжима)

Рис. 3.2. Взрывание детонирующего шнура:

А – взрывание одного конца шнура;
 Б – взрывание от двух до шести концов шнура;
 В – взрывание больше шести концов шнура
 (1 – концы детонирующего шнура;
 2 – капсюль-детонатор зажигательной трубки;
 3 – ОШ зажигательной трубки;
 4 – электровоспламенитель;
 5 – шашка ВВ;
 6 – капсюль-детонатор (вставленный в заряд)

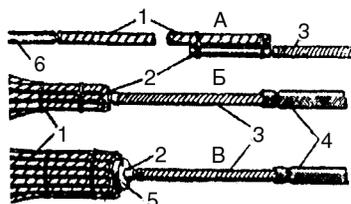


Рис. 3.3. Шашка ВВ (тротиловая), подготовленная к бескапсюльному взрыванию детонирующим шнуром:

1 – шашка ВВ;
 2 – ДШ;
 3 – шпагат;
 4 – направление детонации

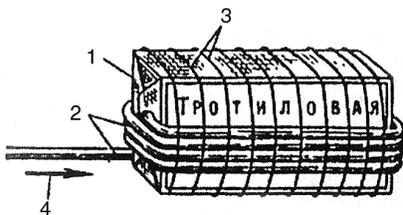
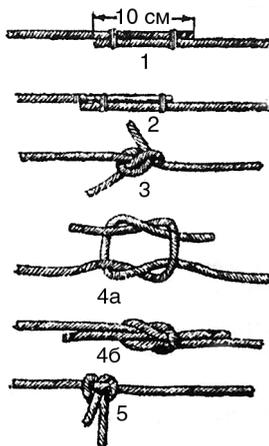


Рис. 3.4. Сростки детонирующего шнура:

1 – сросток в накладку;
 2 – сросток внакладку с КД;
 3 – сросток простым узлом;
 4а,б – сросток морским узлом;
 5 – сросток под прямым углом



При применении зажигательных трубок с механическим воспламенителем необходимо:

- убедиться, что чека находится в глубокой прорези;
- навинтить воспламенитель на ниппель воспламенительного узла зажигательной трубки;
- ввинтить КД в запальное гнездо заряда;
- приподнять и поворотом на 90° переставить чеку из глубокой прорези в мелкую;
- держа воспламенитель левой рукой за корпус, правой выдернуть чеку за кольцо (шток воспламенителя направлять при этом от себя).

При выдергивании чеки ударник под действием пружины накалывает КД, который зажигает ОШ. Пучок искр огнепроводного шнура после сгорания его по всей длине вызывает взрыв капсюля-детонатора.

Обращение с зажигательными трубками должно быть таким же осторожным, как обращение с капсюлями-детонаторами.

Электроогневой способ применяют при взрывании в один прием более 16 зарядов ВВ. ОШ зажигают электрозажигательными трубками ЭЗТ-2, электрозажигателем ЭЗ-ОШ-Б и электрозажигательными патрончиками.

3.3. Взрывание детонирующим шнуром

ДШ предназначается для одновременного действия нескольких зарядов, например, при подрыве мостов, зданий и т.п., а также для бескапсюльного взрывания зарядов ВВ, заложенных в труднодоступных местах.

ДШ взрывается зажигательной трубкой, зарядом ВВ или электродетонатором. Одной зажигательной трубкой или одним ЭД можно взорвать до шести концов детонирующего шнура. При большем числе концов их удобнее привязывать к шашке или патрону ВВ (рис. 3.2), а шашку (патрон) привести в действие зажигательной трубкой или ЭД. Взрываемые концы ДШ плотно привязывают изоляционной лентой или шпагатом по всей длине капсюля-детонатора зажигательной трубки, электродетонатора или шашки (патрона) ВВ. В сырую погоду и при работе под водой концы ДШ необходимо хорошо изолировать изоляционной лентой или водонепроницаемой мастикой.

Под водой ДШ можно использовать при условии пребывания его там не более 10 часов для марки ДШ-Б и до 24 часов для марки ДШ-В.

При помощи детонирующего шнура без КД можно взрывать заряды из порошкообразных (в частности, аммиачноселитренных) и пластичных ВВ. С этой целью в заряд вкладывается отре-

зок ДШ, сложенный в четыре-пять рядов без пересечений. Детонирующим шнуром без КД при необходимости можно привести в действие и шашку прессованного тротила, если ее обмотать четырьмя-пятью непересекающимися витками шнура, плотно прилегающими к граням шашки и один к другому (рис. 3.3).

Детонирующий шнур чистым и острым ножом на деревянной подкладке режут на отрезки необходимой длины, предварительно раскатав всю бухту шнура или часть ее так, чтобы от места разреза до неразвернутой части бухты было не менее 10 м. После каждого разреза следует счищать остатки шнура (крошки) с подкладки и ножа или следующий разрез шнура делать на новом участке подкладки. Отрезать ДШ, вставленный в КД, запрещается.

Соединение двух концов детонирующего шнура между собой называется сростком. Сростки (рис. 3.4) производятся внакладку – плотным соединением шнуров изоляционной лентой или шпагатом на длину не менее 10 см, связыванием концов шнуров простым или морским узлом. Сростки ДШ следует затягивать туго, но осторожно, чтобы не повредить сердцевину шнура (рис. 3.5).

Соединение нескольких отрезков ДШ для одновременного взрыва зарядов называется сетью. Сети бывают трех видов: последовательные (рис. 3.6), параллельные (рис. 3.7), смешанные (рис. 3.8).

Для обеспечения надежности взрыва в последовательных и смешанных сетях применяют замыкающий шнур, т.е. крайние заряды также соединяют между собой отрезком ДШ.

Отрезки шнура, соединяющие отдельные заряды, должны, как правило, иметь капсюли-детонаторы на обоих концах. При изготовлении сетей детонирующего шнура сростки внакладку должны устраиваться так, чтобы по обоим соединительным отрезкам шнура детонация проходила в одном и том же направлении (рис. 3.9).

Отрезки ДШ, служащие ответвлениями, соединяются с магистральным шнуром сростками внакладку или двойной петлей и должны прокладываться от мест соединения к зарядам так, чтобы они не соприкасались между собой и с другими зарядами, не пересекались один с другим, не образовывали петель и не были туго натянуты.

3.4. Электрический способ взрыва

Применяется для одновременного взрыва нескольких зарядов или для его производства в точно установленное время. Для работы необходимы электродетонаторы, провода, источники тока, проверочные и измерительные приборы.

Этот способ применяют для инициирования зарядов при всех методах ВР в условиях, не опасных из-за блуждающих токов и

токов электромагнитной индукции, которые возникают вблизи высоковольтных линий электропередач, электровозных путей, радиостанций, радарных установок и других приемников или источников тока и электромагнитных излучений. Электровзрывание должно производиться в соответствии с действующими руководствами по измерению блуждающих токов и токов электромагнитной индукции.

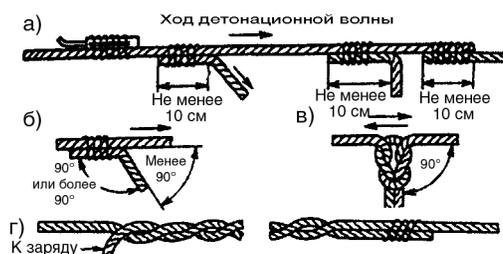


Рис. 3.5. Основные способы соединения ДШ при монтаже взрывной сети

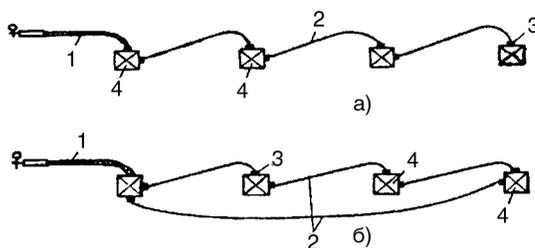


Рис. 3.6. Последовательная сеть детонирующего шнура:
а – без замыкающего шнура; б – с замыкающим шнуром (1 – зажигательные трубки; 2 – отрезки детонирующего шнура; 3 – капсули-детонаторы; 4 – заряды ВВ)

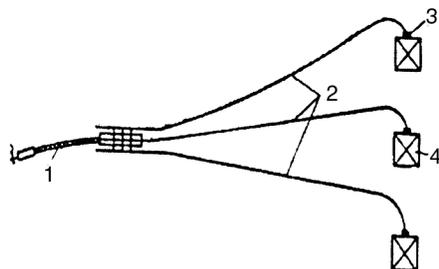


Рис. 3.7. Параллельная сеть детонирующего шнура:
1 – зажигательная трубка; 2 – отрезки детонирующего шнура; 3 – капсуль-детонатор; 4 – заряд ВВ

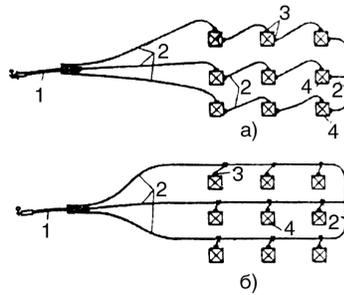


Рис. 3.8. Смешанные сети детонирующего шнура:
 а – для наружных зарядов; б – для внутренних зарядов
 (1 – зажигательные трубки; 2 – отрезки детонирующего шнура;
 3 – капсули-детонаторы; 4 – заряд ВВ)



Рис. 3.9. Расположение сростков в сетях ДШ в зависимости от направления детонации

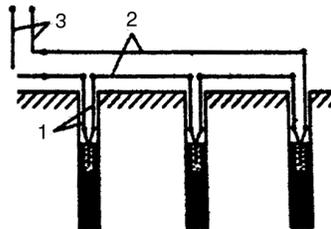


Рис. 3.10. Элементы электровзрывной сети при последовательном соединении ЭД:

1 – концевые провода; 2 – участки провода;
 3 – магистральные провода

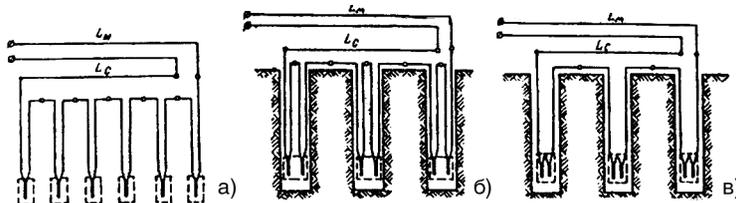


Рис. 3.11. Последовательное соединение электродетонаторов:
 а – в заряд введен один электродетонатор; б – в заряд введены два электродетонатора, четыре концевика выведены из выработки;
 в – в заряд введены два электродетонатора, на дневную поверхность выведены два концевика

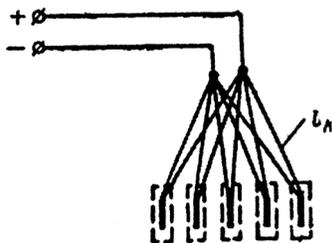


Рис. 3.12. Параллельное соединение электродетонаторов

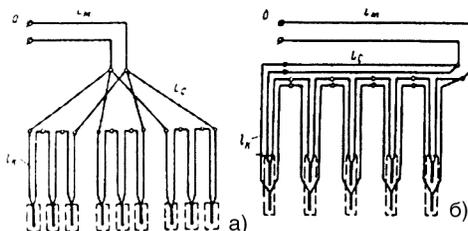


Рис. 3.13. Последовательно-параллельное соединение электродетонаторов:

- а – в заряд введен один электродетонатор;
 б – в заряд введены два электродетонатора

Электровзрывная цепь (сеть) состоит из ЭД с проводами, концевых проводов, идущих от проводов электродетонаторов до поверхности, участковых проводов, соединяющих концевые и магистральные, идущих к источнику тока (рис. 3.10).

Цепь монтируют из изолированных одно- и многопроволочных медных алюминиевых или стальных проводов. Для взрывных работ применяются провода марок ВМВ, ЭР, ЭВ, саперные провода СП-1, СП-2, СПП-1, СПП-2, установочные ПР, АПР, АПВ, ПВ (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Марка	Материал жилы	Сечение жилы, мм ²	Сопротивление при +20 °С, Ом/км	Тип изоляции	Преимущественная область применения проводов сети	Масса провода, кг/км
ЭВ	Медь	0,2	100	Полихлорвиниловая	Выводные концы электродетонаторов	6,5
ЭП	—//—	0,2	100	Полиэтиленовая	То же	6,5
ЭВЖ	Сталь луженая	0,3	566,6	Полихлорвиниловая	—//—	—
ЭПЖ	То же	0,3	566,6	Полиэтиленовая	—//—	—
ВМВ	Медь	0,75	25	Полихлорвиниловая	Материальные и соединительные	10,3
ВМП	—//—	0,5	40	Полиэтиленовая	То же	—
ВМВЖ	Сталь оцинкованная	1,1	155,8	Полихлорвиниловая	—//—	—
ВМПЖ	То же	1,1	155,3	Полиэтиленовая	—//—	—
ПВ-500	Медь	0,75-6,0	25 - 3,07	Винилитовая	—//—	16-74
АПВ-500	Алюминий	3,75-15,0	7,4-1,84	—//—	—//—	23-64
АПР-500	—//—	2,25-15,0	12,3-1,84	Резиновая в хлопчатобумажной оплетке	—//—	27-78
ПР-500	Медь	0,75	25,0-3,07	То же	—//—	22-78
ПР-220	—//—	1-4	18,4-4,6	—//—	—//—	19-49
СП-1	—//—	0,75	25	—//—	—//—	30
СП-2	—//—	1-3	18,4-4,6	—//—	—//—	60
СПП-1	—//—	0,5	37,5	Светотермостойкий полиэтилен	—//—	8
СПП-2	—//—	0,5	—//—	—//—	—//—	16

Примечание:

В ГОСТе 6285-04 даны сопротивления проводов при температуре +20 °С. При других температурах сопротивление принимают по формуле $r = r_{20}[1 + \alpha(t_0 - 20)]$, где: r_{20} – сопротивление проводов при $t = 20$ °С; где: t_0 – температура окружающей среды, α – коэффициент сопротивления (для меди $\alpha_M = 0,004$, для стали $\alpha_C = 0,006$).

Провода ПР и ПВ – медные однопроволочные и многопроволочные в резиновой и полихлорвиниловой изоляции с сечением жилы 0,75–7,0 мм². Провода АПР и АПВ – одножильные алюминиевые в

резиновой (Р), полихлорвиниловой (В) изоляции сечением 3,75–10,5 мм², что соответствует сечению медных проводов 2,5–7,0 мм².

Для устройства элементов цепи с напряжением до 1000 В применяют провода ЭР и ЭВ, при более высоком напряжении – провода СП-1, СП-2, АПР и АПВ.

Электрическое сопротивление проводов, используемых на взрывных работах, приведено в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Сечение жилы провода, мм ²	Сопротивление провода, Ом/км		Сечение жилы провода, мм	Сопротивление провода, Ом/км	
	медного	алюминиевого		медного	алюминиевого
0,2	87,5	–	2,5	7,0	11,2
0,3	–	–	4,0	4,4	7,0
0,5	35,0	–	6,0	3,0	4,7
0,75	23,4	–	10,0	1,75	2,8
1,0	17,5	–	16,0	1,1	1,8
1,5	11,7	–	25,0	0,7	1,1

Если применяемые сечения проводов в таблице отсутствуют, сопротивление r провода:

$$r = \frac{\rho}{s}, \text{ Ом/м}, \quad (3.1)$$

где:

для меди

для алюминия

для железа

ρ – удельное сопротивление проводов:

$\rho = 0,0175 \text{ Ом мм}^2/\text{м};$

$\rho = 0,028 \text{ Ом мм}^2/\text{м};$

$\rho = 0,086 \text{ Ом мм}^2/\text{м};$

s – сечение провода, мм².

В электровзрывных сетях применяют три типа соединений электродетонаторов: последовательное (рис. 3.11), параллельное (рис. 3.12), смешанное (рис. 3.13).

Расчетное омическое сопротивление одного электродетонатора с нихромовым мостиком накаливания принимают равным 4,2 Ом, а фактическое сопротивление при необходимости уточняют проверкой ЭД в специально отведенном для этого месте.

Сила поступающего в сеть тока $I_{\text{общ}}$:

$$I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{общ}}}, \quad (3.2)$$

где: U – напряжение источника тока, В;

$R_{\text{общ}}$ – сопротивление электровзрывной сети, Ом.

Через каждый ЭД для его взрывания должен проходить ток силой не менее 1 А – при постоянном токе и числе одновременно взрывааемых электродетонаторов до 100 шт., 1,3 А – при постоянном токе и числе одновременно взрывааемых электродетонаторов до 300 шт.; 2,5 А – при переменном токе.

Сопротивление взрывных сетей $R_{\text{общ}}$ и сила тока, проходящего через каждый ЭД $i_{\text{э}}$, определяются при последовательном соединении электродетонаторов в сети и одном (рис. 3.11а) или двух (рис. 3.11б) введенных в заряд детонаторах:

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + L_c r_c + n(2l_k r_k + r_{\text{э}}), \text{ Ом}, \quad (3.3)$$

$$i_{\text{э}} = I_{\text{общ}},$$

где: L_m – длина одного магистрального провода, м;
 r_m – сопротивление 1 м магистрального провода, Ом (см. табл. 3.3);
 L_c – длина одного соединительного провода, м;
 r_c – сопротивление 1 м соединительного провода, Ом;
 n – число последовательно соединенных электродетонаторов;
 l_k – длина одного концевого провода, м;
 r_k – сопротивление 1 м концевого провода, Ом;
 $r_{\text{э}}$ – сопротивление электродетонатора, Ом.

При двух электродетонаторах, введенных в заряд (рис. 3.11в):

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + L_c r_c + n(l_k r_k + r_{\text{э}}), \text{ Ом}, \quad (3.4)$$

$$i_{\text{э}} = I_{\text{общ}}.$$

При параллельном соединении электродетонаторов в сети:

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + \frac{2l_k r_k + r_{\text{э}}}{m_1}, \text{ Ом}; \quad (3.5)$$

$$i_{\text{э}} = \frac{I_{\text{общ}}}{m_1},$$

где: m_1 – число параллельно соединенных электродетонаторов или групп электродетонаторов.

При последовательно-параллельном соединении электродетонаторов (см. рис. 3.13а):

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + \frac{1}{m_1} (2L_c r_c + 2n l_k r_k + n_1 r_{\text{э}}), \text{ Ом}, \quad (3.6)$$

где: n_1 – число последовательно соединенных электродетонаторов в одной группе.

$$i_3 = \frac{I_{\text{общ}}}{m_1}.$$

Для двойной последовательно-параллельной сети (рис. 3.13б), $m_1 = 2$ имеем:

$$R_{\text{общ}} = 2L_m r_m + \frac{1}{m_1} (2L_c r_c + 2n_l |r_k + n_l r_3), \text{ Ом}; \quad (3.7)$$

$$i_3 = \frac{I_{\text{общ}}}{2}.$$

Перед монтажом электровзрывной сети провода необходимо предварительно проверить на проводимость и целостность изоляции. Участковые, концевые и магистральные провода требуемой длины заготавливают заблаговременно и свертывают в бухты, к которым прикрепляют бирки с указанием длины, сечения и сопротивления, концы проводников зачищают на длину 2–4 см.

Монтаж необходимо вести от электродетонаторов к взрывной станции в такой последовательности, чтобы электровзрывная сеть была постоянно замкнута.

Перед взрывом необходимо убедиться в том, что величины расчетного и фактического сопротивления сети совпадают. Разница между измеренным и расчетным сопротивлением параллельно соединенных групп электровзрывной сети не должна превышать 10%.

Величины допустимых сопротивлений сетей для наиболее распространенных схем и типов взрывных машинок приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Тип взрывных машинок	Количество взрывных машинок	Сопротивление взрывной сети, Ом	
		Последовательная сеть	Последовательно-параллельная сеть из двух ветвей
КПМ-1А	1	300	75
	2*	600	150
КПМ-2	1	900	230
	2*	1900	500
ВМК-500	1	2100	640
	2*	2700	1 000
ПИВ-100	1	320	80

* Машинки соединяются параллельно.

3.5. Приборы взрывания и контрольно-измерительные приборы для электрического взрывания

Для электрического взрывания зарядов применяют автономные и сетевые приборы. Автономные имеют собственный источник энергии, сетевые – получают энергию от осветительных или силовых сетей электрических установок или от передвижных электростанций. Независимо от применяемого источника тока в каждом отдельном случае должен производиться расчет электровзрывной сети.

В зависимости от принципа создания тока взрывные приборы и машинки делятся на конденсаторные, батарейные индукторные, сетевые и специальные. В зависимости от длительности импульса – на приборы и машинки с ограничением и без ограничения времени прохождения взрывного тока.

Для проверки взрывных приборов и машинок используют испытатель взрывных машинок ИВМ-1М, приборы контроля взрывного импульса ПКВИ-3 и ПКВК-3М, прибор контроля взрывных машинок ПКВМ-2, пульты – пробники взрывных машинок КПМ-1 и ВМК-500.

Общие характеристики взрывных источников тока для электровзрывания приведены: в табл. 3.5 – серийно выпускаемых взрывных приборов НБИ; в табл. 3.6 – конденсаторных подрывных машинок КПМ-1, КПМ-2, КПМ-3; в табл. 3.7 – конденсаторного взрывного прибора КВП-2/200; в табл. 3.8 – сухих батарей и элементов; в табл. 3.9 – щелочных кадмиево-никелевых и железно-никелевых аккумуляторных батарей; в табл. 3.10 – характеристики контрольно-измерительных приборов.

Контрольно-измерительные приборы обеспечивают безотказность электровзрывания зарядов ВВ. С их помощью проверяют электродетонаторы, электровзрывную сеть, а также взрывные приборы и машинки.

Приборы для измерения проводимости и сопротивления электродетонаторов и электровзрывной сети должны исключать возможность взрыва во время проверки. Электродетонаторы для промышленных взрывных работ не срабатывают при прохождении через них тока 180 мА, но для полной безопасности при проверке электровзрывных сетей допустимый ток не должен превышать 50 мА (табл. 3.5 и 3.6).

Таблица 3.5

Взрывной прибор (машинка)	Источник питания	Особенности устройства	Допустимое число одновременно взрывааемых ЭД нормальной чувствительности		Допустимое сопротивление последовательной взрывной сети при ЭД нормальной чувствительности, Ом	Время подачи импульса тока, мс	Масса, кг
			при последовательном соединении	общее число			
Для открытых разработок шахт и рудников, не опасных по газу и пыли							
Индукторная конденсаторная взрывная машинка ВМК-500	Индуктор	Возможно соединение двух машинок параллельно	800	400x3	2100	3	11,0
КГИМ-1А	Индуктор	То же	100	100x1	300	Не ограничено	2,3
Стационарная взрывная станция выпрямленного тока	Силовая трехфазная сеть 380 В	Имеется встроенный вольтметр и амперметр для контроля тока и напряжения	100	100x30	513	1 мин	100
Для шахт и рудников, опасных по газу или пыли							
Батарейный конденсаторный прибор ПИБ-100М	Батарея гальванических элементов	Имеется встроенный омметр	100	95x2	320	2-4	2,7
КВП-1/100М	Батарея гальванических элементов	Простая и надежная схема	100	95x2	320	2-4	1,9
Специальные взрывные приборы							
Искробезопасный высокочастотный взрывной прибор ИВП-1/12	То же	Схема обеспечивает искробезопасный выход	12	12	36	3,5	2,1
Сейсмический конденсаторный взрывной прибор СВМ-2	То же	Имеется встроенный телефон для связи с сейсмической лабораторией	50	50	150	Не ограничивается	5,0

Таблица 3.6

Наименование взрывае- мых электродетонаторов (электро- воспламенителей)	Способ соединения	Наибольшее допускаемое количество электродето- наторов, шт.	Общее допуска- емое сопро- тивление сети, Ом
КПМ-1А			
Электродетонаторы с платино-иридиевым мостиком (ЭДП и ЭДП-р)	Последовательно	100	350
	Параллельно	5	15
Электродетонаторы с нихромовым мостиком (ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж)	Последовательно	100	300
	Параллельно	4	15
КПМ-2			
Электродетонаторы с платино-иридиевым мостиком (ЭДП и ЭДП-р)	Последовательно	300	900
	Параллельно	6	50
Электродетонаторы с нихромовым мостиком (ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж)	Последовательно	200	600
	Параллельно	4	30
КПМ-3			
Электродетонаторы с платино-иридиевым мостиком (ЭДП и ЭДП-р)	Последовательно	200	600
	Параллельно	5	30
Электродетонаторы с нихромовым мостиком (ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж)	Последовательно	–	–
	Параллельно	–	–
ПМ-1			
Электродетонаторы с платино-иридиевым мостиком (ЭДП и ЭДП-р)	Последовательно	100	290
Электродетонаторы с нихромовым мостиком (ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж)	То же	50	200

Конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200 предназначен для инициирования электродетонаторов нормальной чувствительности (типа ЭД-8, ЭД-3Н) и пониженной чувствительности (типа ЭД-1-3Т) на открытых работах, в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли.

Объединение конденсаторных и взрывных приборов КВП-2/200 с многоканальным блоком коммутации МБК-5 (разработки ВНИИА) образует многоканальную систему, обеспечивающую срабатывание электродетонаторов нормальной и пониженной чувствительности по заданной пространственно-временной диаграмме (т.е. обеспечивает короткозамедленное и замедленное взрывание групп зарядов).

Таблица 3.7

№ п/п	Характеристики	Показатели
1	Количество каналов подрыва ЭД	5
2	Время задержки срабатывания каждого канала	5 мс-10 с
3	Точность установки времени замедления в канале	±1% от номинала
4	Максимальное выходное напряжение	1700 В
5	Максимальное количество взрываемых ЭД в каждом канале: при последовательном соединении ЭД нормальной чувствительности, при последовательно-параллельном соединении ЭД нормальной чувствительности, при последовательном соединении ЭД пониженной чувствительности	200 шт. 570 шт. 100 шт.
6	Диапазон рабочих температур	-40...+50 °С
7	Гарантийный срок эксплуатации	2 года
8	Назначенный срок эксплуатации	5 лет
9	Масса КВП-2/200 с аккумулятором	До 3 кг
10	Габариты	215x165x80 мм
11	Источники электропитания	Автономное, аккумуляторы НКГЦ-1,8 или гальванические элементы типа 343

Таблица 3.8

Обозначение батарей и элементов		Напряжение на зажимах при нагрузке, указанной в графе 7, В			Гарантийный срок хранения, месяцев	Сопротивление внешней сети (нагрузка при испытаниях), Ом	Начальное внутреннее сопротивление, Ом	Вес, кг	Температурные пределы применения, °С
Прежнее	Новое	Начальное	В конце шестимесячного срока хранения	В конце гарантийного срока хранения					
Анодные батареи									
БАС-80-У-1,0	102-АМЦ-У-1,0	102	96	60	15	7000	35-40	3,00	-40+60
БАС-Г-80-У-2,1	100-АМЦГ-У-2,0	100	93	60	15	7000	40-50	3,35	-40+60
БАС-Г-80-Л-2,1	100-АМГЦ-2,0	100	93	60	15	7000	40-50	3,35	-20+60
БАС-Г-60-У-1,3	70-АМГЦ-У-1,3	70	62	40	15	4680	35-40	1,60	-20+60
Карманные батареи									
КБС-Х-0,7	4,1-ФМЦ-0,7	4,1	–	2,0	8	10	1-1,15	0,15	-20+40
КБС-Л-0,5	Не имеет	3,7	–	2,0	6	10	1-1,15	0,15	-10+50
Специальные батареи									
СБС-У-6	6,15-ПМЦ-У-48	6,15	6,0	6,0	12	40	1,5-2,0	0,25	-10+60
Элементы									
ЗС-У-30	1,66-ТМЦ-У-28	1,66	1,52	1,52	18	10	0,2-0,5	0,70	-40+60
ЗС-Л-30	1,66-ТМЦ-28	1,66	1,52	1,52	18	10	0,2-0,5	0,70	-20+60
1КС-У-3	1,6-ФМЦ-У-3,2	1,60	1,42	1,42	12	10	0,2-0,5	0,105	-40+60

Примечания:

1. Новые обозначения батарей и элементов расшифровываются следующим образом:

число вначале – начальное напряжение в вольтах;

число в конце – начальная емкость в ампер-часах;

буква А – Анодная;

буква Г – Галетная;

буквы МЦ – Марганцево-цинковой системы;

буква П – Панельная (выводы тока оформлены в виде панели);

буква Т – Телефонная;

буква У – Универсальная (пригодная для работы как в летних, так и в зимних условиях);

буква Ф – Фонарная.

2. Внутреннее сопротивление батарей и элементов с течением времени возрастает и к концу гарантийного срока хранения увеличивается (по сравнению с указанным в графе 8) в 2,0–2,5 раза.

3. Батареи типа 100-АМЦГ имеют выводы на 60, 80 и 90 В, а батареи типа 70-АМЦГ – на 45 и 70 В.

Таблица 3.9

Обозначение батареи	Количество аккумуляторов в батарее	Начальное напряжение, В	Номинальная емкость, А·ч	8-часовой разряд		Одночасовой разряд		Вес с электролитом, кг
				Разрядный ток, А	Напряжение в конце разряда, В	Разрядный ток, А	Напряжение в конце разряда, В	
Кадмиево-никелевые								
5НКН-10	5	6,25	10	1,25	5	10	2,5	3,84
10НКН-22	10	12,5	22	2,75	10	22	5,0	21,0
17НКН-22	17	21,25	22	2,75	17	22	8,5	35,0
5НКН-45	5	6,25	45	5,65	5	45	2,5	17,0
10НКН-45	10	12,5	45	5,65	10	45	5,0	33,5
10НКН-60	10	12,5	60	7,5	10	60	5,0	56,0
10НКН-100	10	12,5	100	12,5	10	100	5,0	75,0
Железно-никелевые								
10ЖН-22	10	12,5	22	2,75	1,0	22	5,0	21,6
17ЖН-22	17	21,25	22	2,75	17	22	8,5	36,0
5ЖН-45	5	6,25	45	5,65	5	45	2,5	17,6
10ЖН-45	10	12,5	45	5,65	10	45	5,0	34,8
10ЖН-60	10	12,5	60	7,5	10	60	5,0	57,8
10ЖН-100	10	12,5	100	12,5	10	100	5,0	78,0

Примечание: применять железно-никелевые аккумуляторные батареи при температуре выше +30° и ниже -25° не рекомендуется.

Таблица 3.10

Тип прибора	Назначение	Пределы измерений, Ом	Погрешность измерения, %	Исполнение	Масса прибора, кг	Источник тока
Переносной измерительный мост Р-353	Измерение сопротивления электродетонаторов и электровзрывных сетей	Первый – 0,2-50 Второй – 20-5000	±5	Нормальное	1,3	Сухой гальванический элемент РЦ-ФМЦ-У-3,2
Линейный мост ЛМ-48	—//—	0,2-5000	—//—	—//—	1,5	1,6-ФМЦ-У-3,2
Переносной омметр М-57	Измерение проводимости и определение сопротивления электровзрывных сетей	0-5000	± 10 в пределах от 80 до 500 Ом, ± 20 в пределах 20-80 и 500-1500 Ом	—//—	0,4	Батарея КБС
Омметр взрывных цепей ОВЦ-2	Измерение сопротивления взрывных сетей	Первый – 1-50 Второй – 10-500	±5	Рудничное, искробезопасное	0,425	Два малогабаритных герметизированных аккумулятора Д-02
Ампер-вольтметр (М-360)	Измерение тока и напряжения электрических батарей. Примерное измерение сопротивления электрических сетей	Силы тока ≤ 15 А Напряжения ≤ 150 В Сопротивление ≤ 5000 Ом	±2,5-25	Нормальное	1,5	МЦ-4к
Омметр-классификатор ОКЭД-1	Измерение и классификация электродетонаторов по величине сопротивления	Первый – 0,5-5,5 Второй – 3,0-8,5	±2,5	То же	2	Четыре аккумулятора Д-02
Пьезоэлектрический взрывной испытатель ВЮ-3	Проверка проводимости электродетонаторов и электровзрывных сетей	До 100	—//—	—//—	0,54	Пьезоэлемент керамический ПК-1

Примечание:

Указателем проводимости в пьезоэлектрическом взрывном испытателе ВЮ-3 является неоновая лампочка МИ-3. Во всех остальных приборах указателем проводимости является стрелка.

3.6. Мгновенное, замедленное и короткозамедленное взрывание

Мгновенное взрывание (МЗ) осуществляется детонирующим шнуром или электродетонаторами мгновенного действия, если

заряды расположены на незначительном удалении друг от друга. Преимущества метода – простота выполнения работ. Этот способ применяют для небольших групп зарядов, которые могут быть как обособленными, самостоятельными, так и представлять часть взрыва, осуществляемого замедленным или короткозамедленным способом.

Замедленное взрывание (ЗВ) представляет собой последовательное взрывание зарядов или их групп с такими значительными интервалами, что действие последующего заряда или их групп начинается после окончания действия предыдущих. Нижний предел замедленного взрывания – 150–200 м/с, верхний предел – 2 с и более.

Замедление осуществляется увеличением длины огнепроводного шнура (при огневом способе взрывания) или с помощью электродетонаторов замедленного действия – при электрическом способе взрывания. Преимущества замедленного взрывания: создание дополнительных свободных поверхностей и облегчение работы последующих зарядов, уменьшение разброса разрушаемого материала (горной массы). Недостатки замедленного взрывания: опасность повреждения рядом расположенных зарядов и взрывной сети, неиспользование вторичных эффектов для повышения интенсивности дробления материала.

Короткозамедленное взрывание (КЗВ) – это такое действие, при котором отдельные заряды или их группы взрывают с таким интервалом времени, что действие последующего заряда (группы зарядов) на взрываемую среду начинается раньше, чем прекратилось действие предыдущих. Нижний предел КЗВ – 10–25 мс. Верхний предел КЗВ – 150–200 мс.

КЗВ осуществляется электродетонаторами короткозамедленного действия (ЭДКЗ) и пиротехническими замедлителями (КЗДШ). Характеристики этих средств приведены в разделе 2.

ЭДКЗ можно помещать непосредственно в заряды или прикреплять к отрезкам ДШ, соединяющего группу зарядов.

КЗДШ включают в разрыв сети ДШ путем присоединения внакладку концов ДШ реле к сети ДШ. При использовании КЗДШ-69 необходимо учитывать соответствие стрелки на реле общему направлению детонации сети ДШ. Для достижения заданных интервалов замедления между зарядами в разрыве сети ДШ включают последовательно несколько реле с соответствующими интервалами замедления.

Преимущества КЗВ: уменьшение сейсмического действия взрыва, повышение интенсивности и равномерности дробления материала, уменьшение выхода негабаритных кусков, уменьшение интенсивности воздушной ударной волны, уменьшение зако-

лов вглубь массива и его нарушаемости, увеличение КПД использования шпуров.

Величину замедления рассчитывают для каждого конкретного случая. В первом приближении интервал T замедления определяют по эмпирической формуле:

$$T = k_k W, \quad (3.8)$$

где: W – величина линии наименьшего сопротивления, м;
 k_k – коэффициент, учитывающий свойства разрушаемого материала (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Горная порода	Характеристики	k_k , мс/м
Гранит, перидотиты, кварцевые порфириды, сиениты, кварциты	Особо крепкие	3-6
Металломорфические крепкие сланцы, арпозовый песчаник, железистые кварциты	Крепкие	4-6
Известняк, мрамор, серпетенит, доломит, магнезит, филлитовые сланцы	Средней крепости	5-7
Мергель, мел, глинистые сланцы, аргелиты, алевролиты, каменный уголь	Мягкие	6-9

4. Методы проведения взрывных работ

В зависимости от формы, величины и способа размещения зарядов по отношению к разрушаемому объекту различают следующие методы взрывных работ: наружные, в т.ч. кумулятивные, шпуровые, котловые, камерные, скважинные и плоские, а также комбинированные.

4.1. Метод наружных (накладных) зарядов

При наружном методе ВВ соприкасаются с разрушаемым объектом только по поверхности, следствие этого – высокий расход ВВ, больше, чем при размещении заряда внутри объекта (рис. 4.1).

При АСДНР этот метод применяется для пробивания брешей в преградах из различных материалов, дробления валунов, крупных камней (негабарита), перебивания и расчленения элементов всевозможных конструкций.

Для размещения накладных зарядов на поверхности объекта (валун, камень) выбирают углубление с таким расчетом, чтобы заряд имел сосредоточенную форму. Если разрушаемый объект (валун) частично находится в земле, то его необходимо предварительно окопать. Если же объект заглублен в землю более чем на половину своей высоты, то заряды нужно класть в подкопах под центром валуна (рис. 4.2).

Расчет массы накладных зарядов (Q_H кг для дробления негабаритных кусков:

$$Q_H = K_H V, \quad (4.1)$$

где: K_H – удельный расход ВВ на дробление породы (материала) принимают для скальных пород в пределах 1,5–3 кг/м³ в зависимости от объема и крепости разрушаемого объекта, а также от типа применяемого ВВ;

V – объем разрушаемого объекта, м³.

Масса накладного заряда при взрывании предметов удлиненной формы (брус, рельс, бревно и т.п.):

$$Q_H = K_S S, \quad (4.2)$$

где: K_S – расчетный коэффициент, г/см², принимаемый по таблице 4.1, для перебивания удлиненных предметов аммонитом № 6-ЖВ;

S – площадь поперечного сечения предмета, см².



Рис. 4.1.
Взрывание негабарита накладным зарядом:
1 – заряд ВВ;
2 – детонатор;
3 – забойка



Рис. 4.2.
Взрывание негабарита накладным зарядом:
1 – заряд;
2 – зажигательная трубка;
3 – грунтовая забойка

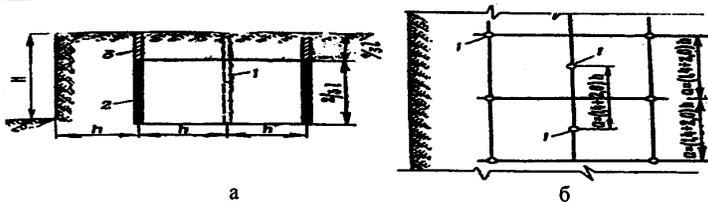


Рис. 4.3. Схема расположения шпуровых зарядов в массиве разрабатываемой породы:

а – вертикальный разрез; б – план (1 – шпур; 2 – заряды; 3 – забойка)

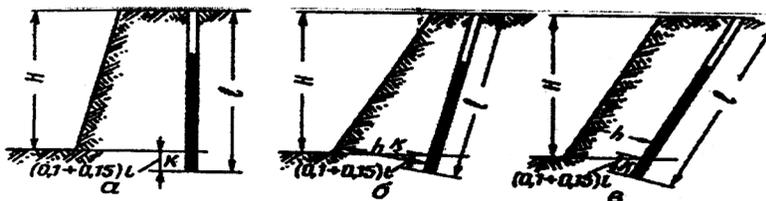


Рис 4.4. Типы зарядных скважин:

а – вертикальная скважина; б – скважина под углом к откосу уступа; в – скважина, параллельная откосу уступа; К – перебур

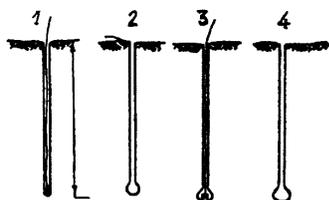


Рис. 4.5. Последовательность образования котла в шпуре:

1 – заряд для первого простреливания;
2 – результат первого простреливания;
3 – заряд для второго простреливания;
4 – результат второго простреливания

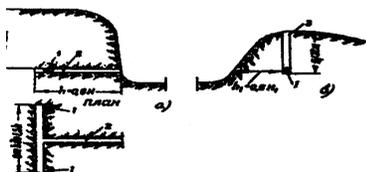


Рис. 4.6. Схема расположения камерных зарядов:

а – в галерее; б – в колодце (1 – заряды; 2 – галерея; 3 – колодец)

Таблица 4.1

Материал	K_s , г/см ²	Материал	K_s , г/см ²
Мягкое дерево (сосна, ольха): сухое сырое	1,0-1,2 1,3-1,4	Вязкое дерево (вяз, карагач, берест): сухое сырое	1,9-2,4 2,6-3,4
Дерево средней крепости (сосна, ель): сухое сырое	1,1-1,3 1,6-1,8	Сталь: хрупкая каленая вязкая	18-20 22-25
Твердое дерево (дуб, ясень, береза, лиственница и др.): сухое сырое	1,7-2,2 2,4-3,2	Чугун: серый белый	12-14 15-17

Особое место среди накладных зарядов занимают кумулятивные, имеющие специальную форму, обеспечивающую их направленное действие. Для кумулятивного заряда Q_k , кг, используемого для разрушения камня:

$$Q_k = 0,73B^2, \quad (4.3)$$

где: B – толщина разрушаемого камня, бетона, м.

4.2. Метод шпуровых зарядов

Заряды помещают внутри взрываемого объекта в шпурах – цилиндрических углублениях, имеющих глубину до 4-5 м при диаметре не более 75 мм.

Шпуровой метод применяется как на открытых, так и на подземных разработках. На открытых используется для дробления фундаментов и стен из кирпича, камня, бетона и железобетона сразу на всю высоту не более 2 м или послойно (рис. 4.3.). Под землей шпуровой метод является основным. В твердых породах шпуры бурят пневматическим и электрическим перфораторами или ручными сверлами и молотками, в мягких породах – пневмосверлами, электросверлами или ручными земляными бурами. К этому способу прибегают для снижения расхода $ВВ$ при наличии достаточного количества сил, времени и соответствующего бурового инструмента.

Масса шпурового заряда Q_H , кг для дробления стен и фундаментов из кирпича, камня, бетона и железобетона:

$$Q_H = KW^{3/2}, \quad (4.4)$$

где: K – расчетный удельный расход $ВВ$, кг/м³: для кирпича, бетона без арматуры и бута $K=0,3-0,5$; для железобетона – $0,5-0,7$; для сильноармированного железобетона – $0,9$;

W – линия наименьшего сопротивления – ЛНС (расстояние от шпура до ближайшей свободной поверхности стены, фундамента), м.

При $W > 1$ м масса заряда в шпуре Q :

$$Q = KW^3. \quad (4.5)$$

Значение ЛНС принимают в пределах 0,5-0,7 длины шпура. При дроблении фундамента (стены) высотой более 1 м, а также если W составляет менее половины длины шпура, заряд в нем следует рассредоточить, рассчитывая каждую часть заряда на свою ЛНС. Расстояние между центрами зарядов, рассредоточенных в одном шпуре, следует принимать равным расстоянию между шпурами, кроме верхнего промежутка, который может быть короче остальных вследствие уменьшения массы верхнего заряда. Промежутки между зарядами можно оставить свободными от забойки (воздушный промежуток) или заполнить забоечным материалом. Верхняя свободная от заряда часть шпура должна быть обязательно заполнена забоечным материалом (рис. 4.3). Расстояние между шпуровыми зарядами в ряду принимается в пределах $(1,0-1,5)W$, а между рядами зарядов $(0,8-1,0)W$.

При необходимости предварительного отделения разрушаемой части фундамента (опоры и т.п.) от сохраняемой используют контурное взрывание по методу предварительного щелеобразования.

Диаметр шпура выбирают исходя из условия, чтобы заряд расчетной массы полностью разместился в шпуре. В табл. 4.2 приведена вместимость заряда ВВ в одном погонном метре длины шпура или скважины определенного диаметра для различной плотности заряжания.

Таблица 4.2

Диаметр шнура, мм	Плотность заряжания, кг/дм ³						
	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1
24	0,36	0,38	0,40	0,42	0,45	0,47	0,49
30	0,57	0,61	0,64	0,68	0,71	0,75	0,78
34	0,73	0,76	0,82	0,86	0,91	0,96	1,00
40	1,00	1,06	1,13	1,19	1,26	1,32	1,38
44	1,22	1,29	1,37	1,44	1,52	1,59	1,67
50	1,57	1,67	1,76	1,86	1,96	2,06	2,16
54	1,83	1,94	2,06	2,18	2,29	2,41	2,58
60	2,26	2,40	2,54	2,68	2,82	2,92	3,10
64	2,57	2,73	2,89	3,05	3,21	3,37	3,53
70	3,07	3,26	3,46	3,65	3,84	4,03	4,22
74	3,44	3,66	3,87	4,08	4,30	4,52	4,73
Диаметр скважины, мм	Плотность заряжания, кг/дм ³						
	0,9	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	
75	4,0	4,4	4,6	4,8	5,1	5,3	
80	4,5	5,0	5,2	5,5	5,7	6,0	
85	5,1	5,7	6,0	6,3	6,5	6,8	
90	5,7	6,4	6,7	7,0	7,3	7,7	
95	6,4	7,1	7,4	7,8	8,2	8,5	
100	7,1	7,9	8,2	8,6	9,0	9,4	
125	11,0	12,3	12,9	13,5	14,1	14,7	
150	15,9	17,7	18,5	19,4	20,3	21,2	
170	20,4	22,7	23,9	25	26,6	27,2	
200	28,3	31,4	33,0	34,6	36,2	37,7	
250	44,2	49,0	52,5	54,0	56,6	58,9	
300	63,6	70,7	73,8	77,6	81,7	85,9	

4.3. Метод скважинных зарядов

Заряды ВВ помещают в цилиндрические углубления (скважины) диаметром более 75 мм при глубине до 5 м или скважины любого диаметра при глубине больше 5 м.

В зависимости от технологических особенностей проводимых взрывных работ используют вертикальные, наклонные или горизонтальные скважинные заряды, размещаемые в один или несколько рядов.

При взрывной отбойке грунтов наибольшее распространение получили вертикальные и наклонные заряды (рис. 4.4).

Обычно применяются вертикальные скважины диаметром 75–300 мм (чаще всего 200 мм) и длиной от 10 до 30 м. В случае,

когда откос целика пологий и, следовательно, сопротивление на подошве для вертикальных скважин получается очень большим, делают наклонные скважины, которые бурят под некоторым углом к откосу или параллельно ему.

Массу скважинного заряда Q , кг определяют по (4.1), K – по таблице 4.3.

Длину заряда в скважине определяют исходя из данных табл. 4.2.

Таблица 4.3

Порода	Группа пород (СниП IV-13)	Удельный расход ВВ, кг/м ³ для зарядов	
		выброса	рыхления
Песок	–	1,5-1,7	–
Песок плотный и влажный	–	1,2-1,3	–
Суглинок тяжелый	II	1,0-1,15	0,35-0,4
Глины крепкие	III	1,0-1,3	0,35-0,45
Лесс	III-IV	0,9-1,3	0,3-0,45
Мел	IV	0,8-0,95	0,25-0,3
Гипс	IV-V	1,0-1,3	0,35-0,45
Известняк-ракушечник	V-VI	1,5-1,75	0,5-0,6
Окока, мерель	IV-V	1,0-1,3	0,35-0,45
Туфы трещеноватые, пемза плотная	V	1,3-1,5	0,45-0,5
Конгломерат и бренчин на известковом цементе	V-VI	1,15-1,4	0,4-0,5
Песчаник на глинистом цементе, известняк, мергель	VI-VII	1,15-1,4	0,4-0,5
Доломит, известняк, магнезит	VII-VIII	1,3-1,7	0,45-0,6
Известняк, песчаник	VII-IX	1,3-2,1	0,45-0,7
Гранит, гранодиорит	VII-X	1,5-2,15	0,5-0,7
Базальт, агнезит	IX-X	1,75-2,3	0,6-0,75
Кварцит	X	1,5-1,75	0,5-0,6
Чорфирит	X	2,1-2,15	0,7-0,75
Бетон строительный	–	2,00-2,60	–
Железобетон (выбивание бетона)	–	6,8	–
Лед	–	0,35-1,25	–
Вода	–	0,035-0,045	–

Примечание:

1. Приведены значение “ K ” для ВВ нормальной мощности (ТНТ).
2. Для аммонитов значения “ K ” увеличивается в 1,2 раза.
3. Для аммиачной селитры значения “ K ” увеличивается в 1,8 раза.

Заряд может размещаться по длине скважины в виде сплошного удлиненного цилиндра, при этом длина забойки должна быть не менее трех четвертей линии сопротивления по подошве, или в виде рассредоточенного заряда (разделенного на несколько отдельных частей).

Если подрываемая порода имеет ярко выраженное напластование, то части рассредоточенного заряда целесообразно класть в наиболее крепких пластах.

Взрыв всех частей рассредоточенного заряда производится одновременно. Диаметр патронов ВВ должен быть на 3–4 см меньше диаметра скважины, а забивочный материал – сыпучим и достаточно мягким.

4.4. Метод котловых зарядов

Этот способ применяется преимущественно на открытых разработках и лишь в отдельных случаях – под землей. В первом варианте прострелку шпуров используют при отбойке уступов небольшой высоты обычно в породах крепостью до XI категории. Метод котловых зарядов с прострелкой скважин чаще всего применяют тогда, когда сопротивление по подошве уступа слишком велико для обычного заряда (при небольшом угле откоса и относительно значительной высоте уступа).

Шпуры создаются при помощи мотоперфораторов или кумулятивных зарядов. При взрыве кумулятивного заряда в грунте образуется шпур диаметром 1–1,5 и глубиной 10–15 диаметров кумулятивной выемки. В мерзлом грунте диаметр шпура меньше, чем в талом в 3 раза, а глубина – в 1,2 раза.

Масса сосредоточенного заряда Q_k для устройства зарядной камеры (котла) в шпуре:

$$Q_k = \frac{2Q}{m^3}, \quad (4.6)$$

где: Q – масса основного заряда, для которого устраивается зарядная камера;

m – коэффициент, зависящий от свойств грунта (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Наименование грунтов и скальных пород	Значения m	
	Для сосредоточенных зарядов	Для удлиненных зарядов
Глина пластичная	11,2-12,9	37,5-46,0
Глина обычная	6,4-9,8	16,3-30,8
Мергель мягкий	5,4-7,6	12,5-20,6
Глина ломовая темно-синяя, песчанистая глина, суглинок тяжелый	4,8-6,6	10,4-17,1
Мел мягкий, ракушечник	3,8-4,6	7,4-10,0
Мергель средней крепости, доломит мергелистый, известняк мягкий, сильно трещиноватый	8-3,2	2,4-5,6
Гипс мелкозернистый, сланцы крепкие, гранит сильно трещиноватый, известняк средней трещиноватости	1,8-2,9	2,4-4,9
Гранит средней трещиновато- сти, кварциты плотные, извест- няк плотный, песчаник, доломит	1,6-2,5	2-4
Мрамор, известняки крепкие, гранит плотный, гипс крупно- зернистый, доломит крепкий	1-2	1-3

Заряд для устройства камеры (котла) помещают на дно шпура и взрывают без забойки (делают прострел). Если весь заряд по (4.6) нельзя разместить на участке шпура, равном его удвоенному диаметру, то прострел делают в несколько приемов.

При двукратном простреливании масса заряда для первого прострела принимается равной $1/3$ общей массы заряда, определенного по (4.6). При трехкратном простреливании масса заряда для первого прострела должна составлять 20%, а для второго – 30% общей массы заряда, необходимой для устройства камеры (котла).

После первого прострела повторно заряжать шпур можно не ранее чем через 30 минут, в течение которых стенки камеры успевают остыть.

Для образования зарядных камер в шпурах пользуются электрическим или огневым способами взрывания с применением ДШ. В последнем случае зажигательная трубка, которой взрывается ДШ, должна находиться на поверхности земли (рис. 4.5).

Заряжают камеры (котлы), как правило, порошкообразным ВВ, засыпаемым в шпуры через воронки из оцинкованной стали. Сначала засыпают половину основного заряда, затем опускают боевик, после чего досыпают остальную часть основного заряда.

После каждой порции ВВ массой 1–2 кг шпур прочищают пробойниками. Засыпку ВВ и прочистку шпуров необходимо вести осторожно, особенно после того, как в них будут опущены боевики.

При зарядании камер (котлов) шашками ВВ (патронами) работа ведется в том же порядке, только прочищать шпуры пробойниками следует после каждой опущенной в них шашки (патрона).

4.5. Метод камерных зарядов

В разрабатываемой породе делаются вертикальные колодцы (шурфы) или горизонтальные галереи (штольни), из которых в боковых направлениях устраиваются большие зарядные камеры для размещения там крупных сосредоточенных зарядов (рис. 4.6). Можно также использовать подготовительные выработки вертикальные (шурфы), горизонтальные (штольни, штреки, расечки) или накладные.

Если камеры находятся во влажных породах, принимают меры, не допускающие увлажнения ВВ. Камеры внутри обшиваются тесом. Вблизи них на дне колодцев или галерей устраивают водосборные углубления, из которых периодически откачивают воду. Галереи делают с уклоном, обеспечивающим сток воды от зарядных камер наружу.

Минные камеры (выработки) обычно располагают так, что в плане они образуют форму буквы Т. Минные камеры устраивают в подошве выработок с несколькими поворотами для того, чтобы затруднить выход газов при взрыве и в максимальной степени направить их энергию на разрушение окружающей среды. Зарядание камер может быть начато лишь по окончании всех проходческих работ.

Заряды массой до 3 т через неглубокие шурфы опускают в брезентовых люльках, бадьях или на деревянных площадках, которые должны обслуживаться не менее чем двумя специалистами. За один прием груз не должен превышать 80–100 кг. Спускают ВВ со средней скоростью не более 1 м/сек. Свободное сбрасывание ВВ в шурф запрещается. При механическом подъеме массу спускаемого за один прием груза можно увеличить до 200–300 кг. Если масса заряда более 3 т, а глубина шурфов более 5 м, ВВ целесообразно доставлять по шурфам через желоба с площадью поперечного сечения 0,2 x 0,2 м или брезентовой трубе, идущей по всей длине шурфа и прочно прикрепленной к его стенкам. Для удобства засыпки ВВ в желоб или трубу вставляют деревянную воронку размером по верху 0,6x0,8 м, выступающую над устьем шурфа на 0,5–0,6 м. У воронки устанавливают деревянный ящик с таким расчетом, чтобы верх воронки находился на уровне дна ящика. В зарядных камерах ВВ должны укладывать взрывники.

В камерные заряды вводят по два боевика, один из них – на дублирующей взрывной сети. Боевики следует делать на месте работ в специальном помещении, находящемся не ближе 50 м от места зарядания и хранения ВВ. Изготовление боевиков в зарядной камере воспрещается. Их привозят сюда в готовом виде. Только взрывнику разрешается вносить в камеру боевик, который доставляют туда с особой осторожностью. Ни в коем случае нельзя одновременно с боевиками спускать людей.

Во время зарядания в зарядных камерах не должно быть электропроводки. После установки боевиков в камеры никто не допускается за исключением взрывника и лиц технического надзора, руководящих заряданием.

Взрывают камерные заряды электрическим способом с обязательным дублированием второй электровзрывной сетью или сетью детонирующего шнура. Осмотр места взрыва руководителем работ разрешается не ранее чем через 30 минут после его осуществления.

4.6. Бурение шпуров и скважин

Методы разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин подразделяют на несколько групп (табл. 4.5).

Основные характеристики бурового оборудования даны в табл. 4.6.

При бурении горных пород чаще всего используют механические методы разрушения, которые по характеру работы инструмента в забое и приложению силовых нагрузок подразделяются на четыре способа бурения: вращательный, ударный, ударно-вращательный и вращательно-ударный.

Для бурения взрывных скважин на открытых горных разработках выпускают следующие типы буровых станков:

СБР – вращательного бурения резцовыми коронками;

СБУ – ударно-вращательного бурения;

СБШ – вращательного бурения шарошечными долотами;

СБТ – термического бурения.

Области применения станков приведены в табл. 4.7, а нормы типоразмеров – в табл. 4.8.

Таблица 4.5

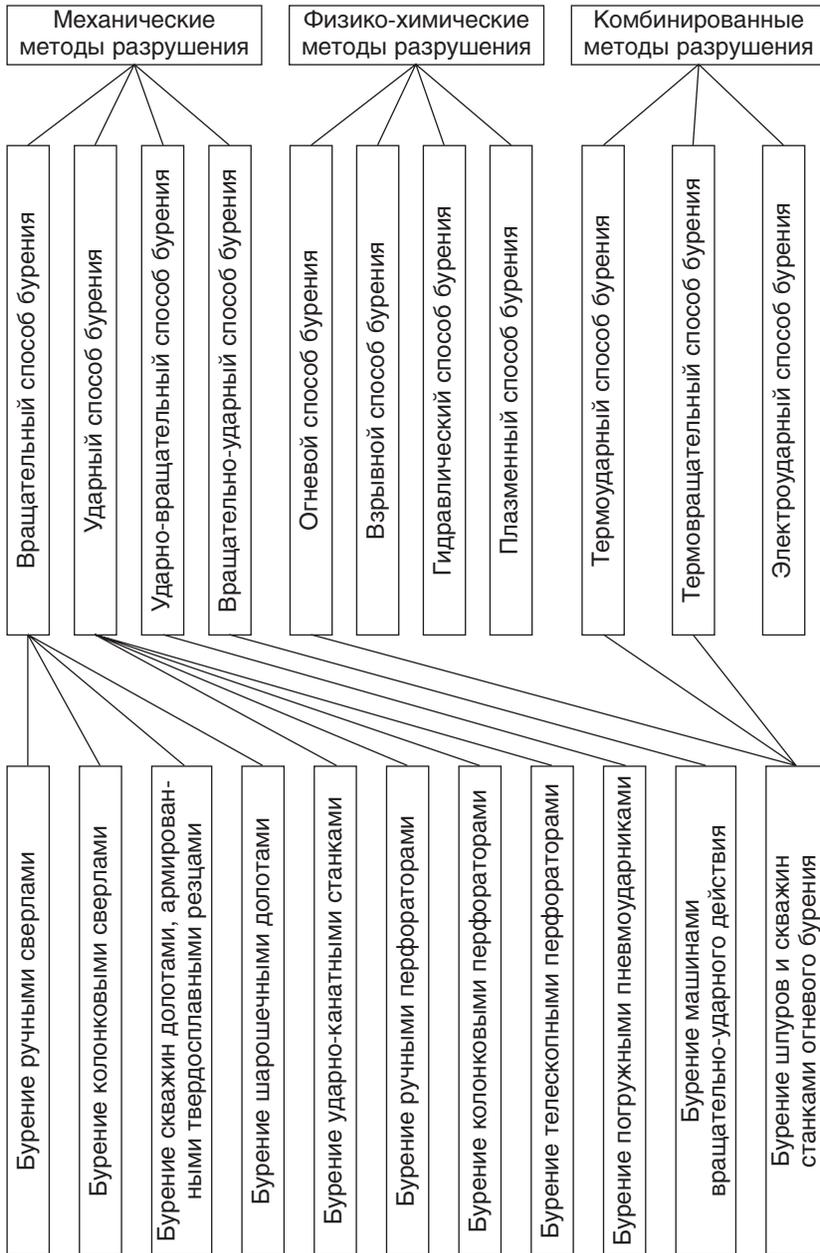


Таблица 4.6

Способ бурения	Буровое оборудование	Масса, кг	Диаметр шпуров и скважин, мм	Глубина бурения, м	Коэффициент крепости пород, f
Вращательный	Электросверла: ручные колонковые	12-24 60-140	40-50 40-45	1,5-3 2-10	До 2 2-6
	Пневматические сверла	10-16	40-45	1,5-3	До 2
	Каретки с электро-сверлами	2000-6000	40-65	4-6	2-6
	Станки для бурения: резцовыми коронками шарошечными долотами	200-400 1000-3000	60-80 75-190	До 70 До 50	6-7 6-20
Вращательно-ударный	Машины вращательно-ударного действия	6000-30000	40-65	До 4	4-12
Ударно-вращательный	Агрегаты с пневмоударниками	150-400	85-160	До 70	8-20
	Перфораторы с независимым вращением бура	50-400	46-85	До 30	6-20
Ударный	Перфораторы: ручные телескопные колонковые	18-30	30-55	5	4-20
		35-50	40-85	15	4-20
		40-755	40-85	25	4-20
Для открытых разработок					
Вращательный	Станки вращательного бурения: резцами шарошками	500-15000 20000-120000	110-160 160-320	30 40	0,5-6 6-20
		Станки с пневмоударниками	3000-30000	85-200	30
Ударно-вращательный	Станки с выносными пневмоударниками	4000-20000	50-125	30	8-20
	Буровые установки с перфораторами с независимым вращением	500-10000	40-100	30	8-20
Ударный	Буровые установки с перфораторами	500-10000	40-85	20	6-20
	Станки ударно-канатного бурения	10000-24000	150-300	40	6-20
Термический	Станки огневого бурения	10000-20000	160-300	18	14-20

Таблица 4.7

Обозначения типоразмеров	Степень крепости породы	Коэффициент крепости пород, f
СБР-125	Довольно мягкие, средние и довольно крепкие	2-6
СБР-160	То же	2-6
СБУ-100	Довольно крепкие и очень крепкие абразивные	8-16
СБУ-125	Крепкие и очень крепкие абразивные	8-16
СБУ-160	Крепкие, очень крепкие и в высшей степени крепкие абразивные	8-18
СБУ-200	То же	8-18
СБШ-160	Довольно крепкие и крепкие	6-10
СБШ-200	То же	6-12
СБШ-250	Довольно крепкие, крепкие и очень крепкие	8-14
СБШ-320	Крепкие, очень крепкие и в высшей степени крепкие абразивные	10-18
СБШ-400	То же	10-18
СБТ-250	Очень крепкие и в высшей степени крепкие термобуриемые	14 и выше

Таблица 4.8

Показатели	Нормы для типоразмеров														
	СБШ - 160	СБШ- 200	СБШ- 200	СБШ- 250	СБШ- 320	СБШ- 400	СБШ- 400	СБШ- 400	СБР- 125	СБР- 160	СБУ- 100	СБУ- 125	СБУ- 160	СБУ- 200	СБТ- 250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Диаметр скважины условный, мм	610	200	250	320	400	400	125	160	100	125	160	200	180-250		
Глубина бурения вертикальных скважин, м (не менее)	12*; 32		15*; 32		32		24						18*; 32		16
Угол наклона скважины к вертикали, градус	0; 15; 30				0		0; 15; 30								0
Верхний предел частоты вращения бурового става, об/мин (не менее)	150				130		150	200							-
Верхний предел усилия подачи не менее, тс	15	24	30	60	60	60	1	8							-
Энергия удара пневмударника, кгс-м (не менее)	-	-	-	-	-	-	-	-	9	15	28	42			-
Частота ударов пневмоударника, уд/мин (не менее)	-	-	-	-	-	-	-	-	1600	1250	1300	1150			-
Интенсивность теплового потока, кВт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			1550
Масса**, т (не более)...	35	55	75	140	160	10	25	4	10	30	40	70			

* Для станков, предназначенных только для бурения скважин на полную глубину без наращивания става буровых штанг (станков типа СБШ при бурении только вертикальных скважин).

** Масса указана для минимальной глубины бурения без реагентов систем пылеподавления и образования теплового потока, а также рабочей жидкости гидросистемы.

4.7. Технические характеристики перфораторов

В зависимости от условий применения и массы перфораторы подразделяются на три группы: ручные, колонковые и телескопические.

Ручными перфораторами бурят шпурь диаметром от 28 до 46 мм и глубиной от 1,5 до 5 м. Они подразделяются по массе на легкие – до 18 кг, средние – до 25 кг и тяжелые – до 30 кг.

Для бурения шпуров и скважин, направленных вверх, выпускаются телескопические перфораторы (ПТ) и колонковые перфораторы для бурения скважин и шпуров с колонок и буровых кареток (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Показатели	Перфораторы					
	ПР-30Б	ПР-22	ПР-19	ПР-25Л	ПТ-29	ПТ-36
Общая масса, кг	29,5	24,5	23	25	38	47
Масса поршня с гайкой, кг	2,230	2,35	1,8	2,3	1,65	3,17
Число ударов поршня в минуту	1880	1850	1850	2300	2400	2600
Расход воздуха, м ³ /мин	3,5	2,8	2,5	3,5	3,3	4,5
Диаметр поршня, мм	70	72	68	85	76	100
Энергия удара, кгс·м	6,5	5,5	4,5	5,8	5	8
Отношение массы перфоратора к мощности, кг/л·с	11,3	10,9	12,4	8,6	14,6	9,4
Масса поршня от общей массы перфоратора, %	7,6	9,6	7,8	9,2	4,35	6,75
Отношение массы перфоратора к крутящему моменту, кг/(кгс·см)	0,2	0,14	0,17	0,14	0,27	0,19
Отношение массы перфоратора к энергии удара, кг/кгс·м	4,5	4,4	5,1	4,3	7,6	5,9
Расход воздуха на единицу ударной мощности, м ³ /л·с	1,35	1,24	1,35	1,2	1,27	0,9
Энергия удара на единицу сечения поршня, кгс·м/см ²	0,17	0,14	0,125	0,104	0,11	0,1
Энергия удара на единицу площади буровой штанги, кгс·м/см ²	1,3	1,1	0,9	1,16	1,0	1,6

Ручные перфораторы массой 12,5 кг предназначены для выполнения вспомогательных работ, массой 20 кг для бурения шпуров в породах средней крепости. Ручные перфораторы ПР-25Л и ПР-25МВ массой 25 кг имеют наибольшее распространение.

Ручные перфораторы ПР-30 и ПР-30КТ массой 30 кг используются для бурения нисходящих шпуров и для бурения горизонтальных шпуров в крепких породах.

Для районов многолетней мерзлоты, высокогорной и пустынной местности, где подача воды затруднена, применяют перфораторы ПР-30п и ПР-30РШ.

Колонковые перфораторы позволяют бурить шпуры и скважины любого направления диаметром 46–85 мм, глубиной до 30 м.

Телескопные перфораторы предназначены для бурения шпуров и скважин, направленных вверх, диаметром 40–85 мм, глубиной до 15 м в породах средней крепости и крепких.

5. Расчет зарядов для разрушения элементов конструкций из различных материалов, горных пород, льда и зарядов для подводных работ

5.1. Корчевание пней и валка деревьев

При корчевании заряды ВВ размещают либо под пнем в выбуриваемой скважине (подкопе) (рис. 5.1), либо в шпуре, высверливаемом в самой древесине. Глубина подкопа (расположения заряда) зависит от диаметра пня, давности рубки, особенностей грунта и целей проводимых работ. Средняя глубина подкопа должна составлять 1,5–2,0 диаметра пня.

Масса заряда Q для корчевания пней:

$$Q = K_n d, \text{ г}, \quad (5.1)$$

где: K_n – удельный расход ВВ на 1 см диаметра пня, г, определяется по табл. 5.1, который должен уточняться опытным путем;
 d – диаметр пня, см.

Таблица 5.1

Диаметр пня, см	Свежая рубка (до 5 лет)			Давняя рубка		
	Щебенистый грунт с галькой	Суглинистый грунт	Торф	Щебенистый грунт с галькой	Суглинистый грунт	Торф
Мягкие породы: сосна, ель, ольха, осина, пихта, липа, тополь и др.						
20-25	16	18	10	12	14	8
30-35	18	20	12	14	16	10
40-45	20	22	14	16	18	12
50-55	22	24	16	18	20	14
60-65	24	26	18	20	22	16
70-80	26	28	20	22	24	18
Твердые породы: береза, бук, вяз, дуб, клен, ясень и др.						
20-25	18	22	12	14	16	10
30-35	20	24	14	16	18	12
40-45	22	26	16	18	20	14
50-55	24	28	18	20	22	16
60-65	26	30	20	22	24	18
70-80	28	32	22	24	26	20

При корчевании пней диаметром более 1 м и при наличии мощных стержневых корней заряды располагают в двух подкопах, выбуренных с противоположных сторон. Такие заряды следует взрывать одновременно ДШ или ЭД.

При размещении зарядов в шпурах, пробуренных непосредственно в древесине, величину зарядов определяют из расчета 7,5–10 г аммонита на 1 см диаметра пня. Шпуры высверливают по оси пня вертикально или наклонно. В том и другом случаях дно шпура должно совпадать с осью пня, а глубина шпура должна быть равна двум диаметрам пня.

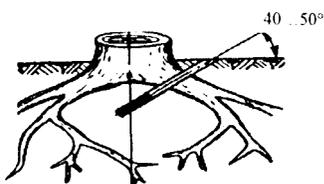


Рис. 5.1. Взрывание пня с разветвленной корневой системой

Рис. 5.2. Валка дерева с корня
(стрелкой указано направления валки):
1 – заряд; 2 – веревка (шпагат);
3 – зажигательная трубка; 4 – стеска

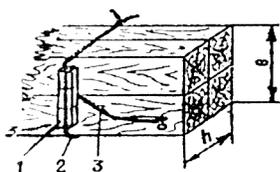
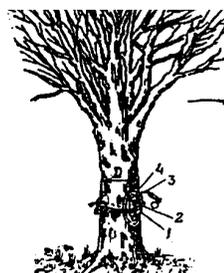
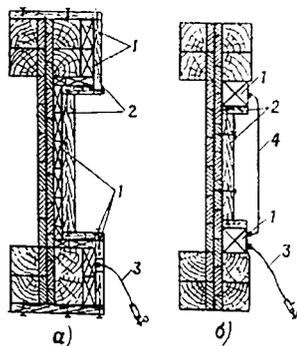
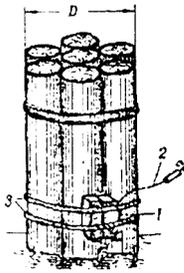


Рис. 5.3. Подрывание составного деревянного бруса:
1 – заряд; 2 – шпагат (проволока);
3 – зажигательная трубка

Рис. 5.4. Подрывание деревянных балок двутаврового сечения:
а – фигурным зарядом;
б – сосредоточенным зарядом
(1 – заряды;
2 – дощатые крепления зарядов;
3 – зажигательные трубки;
4 – отрезок детонирующего шнура с капсулями-детонаторами на концах)





**Рис. 5.5. Подрывание
сосредоточенного куста свай
контактным зарядом:**

- 1 – заряд;
2 – зажигательная трубка;
3 – веревка (проволака)

Валят деревья, в зависимости от условий, двумя способами: с оставлением пня на месте или вместе с корнем.

Масса наружного заряда Q , г для перебивания ствола деревьев:

$$Q = KD^2, \text{ г}, \quad (5.2)$$

где: K – удельный расход ВВ, г/см²; принимается для твердых и вязких пород (дуб, бук и т.п.) 1,25...1,5 г/см², для остальных пород 1 г/см²;

D – диаметр дерева, см.

Наружный заряд изготавливают в виде пакета плоской формы толщиной не менее 2–2,5 см и шпагатом плотно привязывают к предварительно затесанному стволу дерева (рис. 5.2).

При перебивании древесных стволов шпурсы выбуривают механическими сверлами. Масса Q заряда в шпурах:

$$Q = 0,2 O^2, \text{ г}. \quad (5.3)$$

При валке деревьев вместе с корнем заряд ВВ помещают в подкоп, как при корчевке пней, при этом деревья падают в ту сторону, с которой размещен заряд.

5.2. Разрушение элементов конструкций из дерева

Деревянные элементы конструкций (бревна, брусья, двутавровые балки, пакеты бревен, кусты свай) подрывают наружными зарядами, как контактными, так и неконтактными. Первые по своей форме могут быть сосредоточенными, удлиненными и фигурными, вторые – только сосредоточенными. Эти виды зарядов можно применять для подрывания деревянных элементов конструкций на воздухе и под водой.

Масса Q контактного заряда, необходимого для перебивания бруса:

$$Q=KS, \text{ г} \quad (5.4)$$

где: S – площадь поперечного сечения бруса, см^2 ;

K – коэффициент, зависящий от породы (крепости) и влажности древесины (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Породы древесины	Состояние древесины	
	сухая	свежесрубленная, влажная и на корню
слабые породы (осина)	0,8	1,0
породы средней крепости (сосна, ель)	1,0	1,25
крепкие породы (дуб, клен, бук, ясень, береза)	1,6	2,0

При толщине h бруса более 30 см масса заряда умножается на величину $h/30$.

Составные брусья при расчете зарядов принимаются за целые. Заряд располагается на бруссе обычно поперек его широкой грани (рис. 5.3).

Деревянные балки двутаврового сечения целесообразно подрывать фигурными зарядами (рис. 5.4а). Масса каждой составной части заряда определяется по формуле (5.4). Балка двутаврового сечения может быть подорвана также двумя отдельными сосредоточенными зарядами, которые располагаются в углах, образуемых верхним и нижним поясами с вертикальной стенкой (рис. 5.4б). По массе каждый из этих зарядов принимается вдвое большим по сравнению с зарядом, определенным по условию перебивания соответствующего пояса как отдельного бруса.

Пакеты бревен и кусты свай (рис. 5.5) уничтожают сосредоточенными зарядами. Масса заряда, необходимая для перебивания пакета бревен (куста свай), определяется по формуле (5.1); в качестве расчетного диаметра принимается общий наибольший диаметр пакета в сантиметрах, K определяется из табл. 5.2.

При подрывании плоских пакетов более чем из двух бревен (рис. 5.6) заряды целесообразно располагать как при перебивании бруса. Расчет в этом случае производится по формуле (5.4), за расчетную площадь поперечного сечения пакета принимается площадь описанного около него прямоугольника. Пакет из двух бревен подрывается сосредоточенным зарядом (рис. 5.7), рассчитанным на перебивание одного (более толстого) бревна (5.1) и закладывается в паз.

При уничтожении одиночных бревен, брусьев и пакетов бревен (сосредоточенных кустов свай) под водой величины контактных зарядов, определенные по формулам (5.2) и (5.4), уменьшаются в 2 раза.

Неконтактные заряды целесообразно применять для групп деревянных элементов (рис. 5.8), расположенных на некоторых расстояниях один от другого (рассредоточенные кусты свай, свайные опоры). Масса Q неконтактного заряда, необходимого для перебивания любого деревянного элемента:

$$Q = 30 K D^2 \text{ кг,} \quad (5.5)$$

где: D – диаметр (толщина) наиболее удаленного из подрываемых элементов, м;

$г$ – расстояние от центра заряда до оси наиболее удаленного элемента, м.

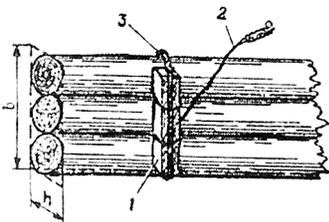


Рис. 5.6. Подрывание плоского пакета бревен наружным зарядом:

- 1 – заряд;
- 2 – зажигательная трубка;
- 3 – веревка (провока)

Рис. 5.7. Подрывание пакета из двух бревен:

- 1 – заряд;
- 2 – шпагат (провока);
- 3 – зажигательная трубка

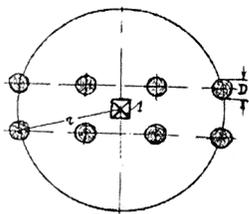
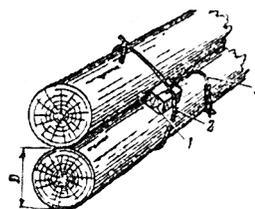


Рис. 5.8. Подрывание рассредоточенного куста свай неконтактным зарядом:

- 1 – заряд;
- $г$ – радиус разрушения

Рис. 5.9. Подрывание железобетонной балки наружным сосредоточенным зарядом:

- 1 – заряд;
2 – веревка (проволока);
3 – зажигательная трубка

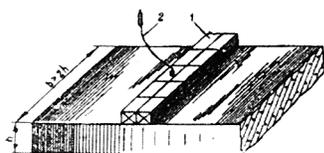
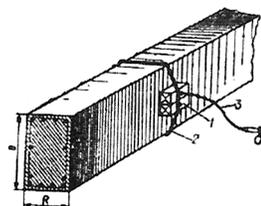
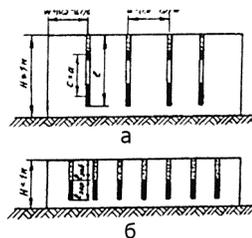


Рис. 5.10. Подрывание железобетонной плиты удлиненным зарядом:

- 1 – заряд;
2 – веревка (проволока);
3 – зажигательная трубка

Рис. 5.11. Конструкция шпуровых зарядов при взрывании фундаментов разной мощности:

- а – мощность взрываемого слоя более 1 м;
б – то же до 1 м



5.3. Разрушение элементов конструкций из металла

При взрывании элементов конструкций из металла используют шпуровые, накладные (контактные) и неконтактные заряды.

Шпуровые заряды эффективны при дроблении металлических изделий при толщине конструкций более 15 см. Шпуры диаметром 30–35 мм в металле бурят сверлами или прожигают кислородно-ацетиленовыми горелками. Шпуры располагают по линии среза с шагом, равным 1–1,5 длины шпура, но не более 30–40 см один от другого. Длина шпура составляет 1/2–2/3 толщины взрываваемой конструкции, для стали может достигать до 3/4 толщины. Длина заряда составляет 0,7 длины шпура, оставшуюся часть которого забивают сухим песком или глиной.

Накладные заряды применяют для перебивания фасонных или составных конструкций, металлических листов и плит толщиной до 15 мм. Масса Q накладного заряда (4.2).

При перебивании фасонных и составных конструкций массу заряда определяют для каждой части отдельно.

Стальные трубы и пустотелые объекты дробят зарядами, располагаемыми по наружной поверхности труб на протяжении не менее 3/4 окружности.

Стальные стержни, тросы и другие металлоконструкции перерезают парными сосредоточенными зарядами, которые помещают с двух противоположных сторон предмета со сдвигом одного по отношению к другому. Взрывают оба заряда одновременно. Массу каждого из зарядов принимают из расчета 0,05 кг на 1 см² площади сечения при диаметре до 4 см и 0,1 кг при диаметре более 4 см.

Стальные листы перебиваются удлиненными зарядами, перекрывающими их по всей ширине. Масса Q зарядов из ТНТ, необходимых для перебивания листов толщиной до 2 см включительно:

$$Q = 20 S, \text{ г}, \quad (5.6)$$

а для перебивания листов толщиной более 2 см:

$$Q=10 h S, \text{ г}, \quad (5.7)$$

где: h – расчетная толщина листа, см;

S – площадь поперечного сечения листа по плоскости перебивания, см².

Броневые листы взрываются зарядами, масса которых рассчитывается по формулам (5.6) и (5.7) с увеличением в 2 раза. Стальные балки перебиваются фигурными зарядами.

Удлиненные заряды для перебивания стальных листов могут изготавливаться из пластичного ВВ (пластит-4). Масса его определяется по формулам (5.6) и (5.7). Количество нитей удлиненного пластитового заряда в мягкой оболочке, необходимое для перебивания стальных листов, определяется по табл. 5.3.

Таблица 5.3

Толщина листов, см	Количество нитей заряда, шт.	Толщина листов, см	Количество нитей заряда, шт.
До 1,0	1	1,5-3,5	3
1,0-1,5	1	3,5-4,0	4
1,5-2,5	2	4,0-4,5	5
		4,5-5,0	6

Для перебивания и пробивания стальных листов целесообразно применять кумулятивные заряды. Диаметр d_b кумулятивной полости:

$$d_b = 1,5 h, \text{ м}, \quad (5.8)$$

где: h – толщина перебиваемого листа, м.

Масса сосредоточенныхкумулятивных зарядов из пластита-4:

$$Q = 2,5 h^3, \text{ кг.} \quad (5.9)$$

Масса удлинённыхкумулятивных зарядов из пластита-4 определяется (5.7) с уменьшением в 2 раза.

Для перерезания металлоконструкций могут использоваться шпуровыекумулятивные заряды (ШКЗ) и удлинённыекумулятивные заряды (УКЗ, КЗУ и КЗУ-2) промышленного изготовления.

5.4. Разрушение элементов конструкций из кирпича, камня, бетона и железобетона

Для этого применяют наружные контактные (сосредоточенные, удлинённые,кумулятивные) и неконтактные заряды, а также внутренние заряды, располагаемые в нишах, бороздах, рукавах, скважинах, шпурах и т.п.

Зарядные устройства заделывают с помощью ручного и механического инструмента или взрывным способом.

Наружные контактные заряды (в том числекумулятивные) эффективны при ускоренном подрыве объектов, но расход ВВ при этом больше, чем на внутренних зарядах, которые используют при наличии достаточного времени для выделки зарядных устройств. Шпуровые заряды целесообразно также применять и в тех случаях, когда разлет крупных осколков должен быть максимально ограничен.

Неконтактными зарядами пользуются в условиях сильно ограниченного времени для производства взрыва и при необходимости уничтожения сложных сооружений малым количеством зарядов (рис. 5.8).

Масса Q сосредоточенных контактных зарядов из ТНТ (рис. 5.9) для подрывания кирпичных, каменных, бетонных и железобетонных конструкций:

$$Q = A V R^3, \text{ кг,} \quad (5.10)$$

где: A – коэффициент, зависящий от свойств подрываемого материала и применяемого ВВ (табл. 5.4);

V – коэффициент, зависящий от расположения заряда, называемый коэффициентом забивки (табл. 5.5);

R – необходимый радиус разрушения, м.

Таблица 5.4

Наименование материала	Значение А	Примечание
Кирпичная кладка на известковом растворе: слабая прочная	0,75	
	1,00	
Кирпичная кладка на цементном растворе	1,20	
Кладка из натурального камня на цементном растворе	1,40	
Бетон строительный фортификационный	1,50	
	1,80	
Железобетон для выбивания бетона, для выбивания бетона с частичным перебиванием арматуры	5,00	Арматура не перебивается
	20,00	
		Перебиваются ближайшие к зарядам прутья арматуры

Таблица 5.5

Схема расположения и наименования зарядов	Значение коэффициента В		Расчетная величина радиуса разрушения
	без забивки	с забивкой	
Наружный заряд	9,0	5,0 (для железобетона 6,5)	$R=H$
Заряд в нише (заподлицо с поверхностью подрываемой конструкции)	5,0	3,5	$R=H$
Заряд в рукаве глубиной 1/3 толщины подрываемой конструкции	1,7	1,5	$R=2/3H$
Заряд в середине подрываемой конструкции	1,3	1,15	$R=1/2H$
Заряд у стенки (опоры) на грунте (на воде)	5	2,5	$R=H$
Заряд в колодце за стенкой (в грунте)	3,5	2,0	$R=H$

Примечание: Для наружных зарядов толщина слоя забивки (из грунта, мешков с землей и т.п.) должна быть меньше R .

Удлиненные заряды из ТНТ (рис. 5.10) применяются для подрывания кирпичных, каменных, бетонных и железобетонных конструкций, ширина которых более чем вдвое превышает их толщину. Масса их Q :

$$Q = 0,5 A B R^2 l, \text{ кг}, \quad (5.11)$$

где: A, B, R – то же, что и в (5.10);
l – длина заряда, м.

Шпуровые заряды (рис. 5.11) для дробления конструкций из кирпича, камня, бетона и железобетона – по (4.4, 4.5).

Неконтактные заряды для подрывания кирпичных, каменных, бетонных и железобетонных колонн (столбов) и балок:

$$Q = 10 A h r^2, \text{ кг}, \quad (5.12)$$

где: h – толщина подрываемого элемента, м;
r – расстояние между центром заряда и осью подрываемого элемента, м.

5.5. Разрушение грунтов, мерзлых грунтов и торфа

Взрывные работы в грунтах и скальных породах выполняются для разрушения и выброса грунта (породы), рыхления грунта (породы), образования пустот (полостей) в массиве грунта (породы) (рис. 5.12). Применяемые для этих целей заряды ВВ делятся соответственно на заряды выброса, рыхления и камуфлеты. По форме заряды перечисленных видов могут быть сосредоточенными и удлиненными: длина их не менее чем в 30 раз превышает их наименьшие поперечные размеры.

От взрыва в грунте вблизи свободной поверхности образуется выемка (воронка) в виде простого опрокинутого корпуса.

Различают следующие элементы воронки (рис. 5.13):

W – ЛНС;

r – радиус раствора воронки (радиус воронки) – половина ширины воронки по ее верхней части;

R – радиус действия взрыва – расстояние от центра воронки (вершина опрокинутого конуса) до любой точки ее края;

n – показатель действия взрыва – $\left(n = \frac{r}{W}\right)$;

Hв – видимая глубина воронки (видимая воронка взрыва);

h – высота гребня (вала);

l – наибольшая дальность развала породы (радиус внешней границы вала);

L – наибольшая дальность разлета отдельных кусков.

Виды воронок в зависимости от величины n :

- воронка выброса (при $n > 1$);
- воронка нормального выброса (при $n = 1$; угол при вершине конуса более 90°);
- воронка рыхления или умеренного выброса (при $n < 1$; угол при вершине конуса менее 90°);
- воронка выпирающего действия (при $n < 0,75$; видимая воронка выброса на горизонтальной поверхности не образуется).

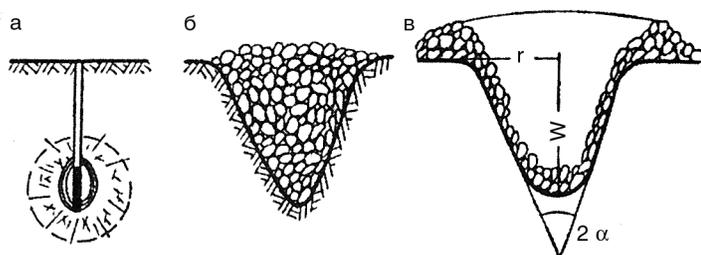


Рис. 5.12. Характер действия взрыва:
а – камуфлета; б – рыхление; в – выброса

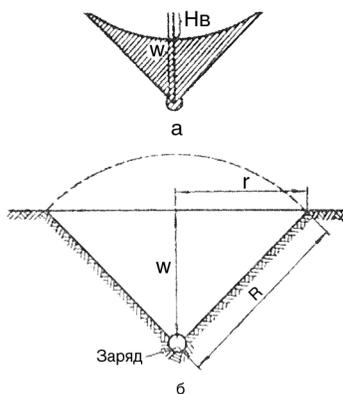


Рис. 5.13. Воронка выброса при взрыве заряда вблизи свободной поверхности:

а – общий вид; б – элементы воронки

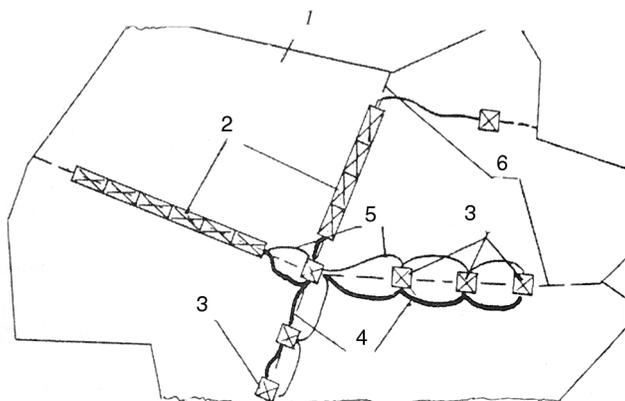


Рис 5.14. Вариант размещения зарядов при раскалывании льдин:
 1 – льдина; 2 – удлиненные заряды; 3 – сосредоточенные заряды;
 5 – дублирующая сеть ДШ; 6 – линия раскола льдины

5.5.1. Заряды выброса и рыхления

Масса Q сосредоточенных внутренних зарядов для устройства воронок в грунтах и скальных породах:

$$Q = K M W^3. \quad (5.13)$$

Масса удлиненных внутренних зарядов Q_y на один погонный метр для образования рвов (траншей):

$$Q_y = \frac{Q}{l_0} = K M_y W^2, \quad (5.14)$$

где: l_0 – полная длина удлиненного заряда, м;

K – удельный расход ВВ, зависящий от свойств грунта и применяемого ВВ (табл. 4.3);

M, M_y – коэффициенты, зависящие от показателя действия взрыва (табл. 5.6).

В целях более экономного расходования ВВ при расчете зарядов выброса целесообразно принимать:

- для сосредоточенных зарядов $n = 1,5-3,0$ (наиболее выгодное значение $n = 2,0$);
- для удлиненных зарядов $n = 2,0-3,5$ (наиболее выгодное значение $n = 2,7$).

При подрывании слоистых грунтов и скальных пород расчет зарядов производится по формулам (5.13) и (5.14), при этом удельный расход ВВ определяется с учетом имеющихся слоев породы:

$$K_{\text{расч.}} = \frac{K_1 Z_1 \frac{Z_1}{2} + K_2 Z_2 \left(Z_1 + \frac{Z_2}{2} \right) + K_3 Z_3 \left(Z_1 + Z_2 + \frac{Z_3}{2} \right) + \dots}{W = \frac{W}{2}}, \quad (5.15)$$

где: K_1, K_2, K_3 – значения удельного расхода “К” для первого (снизу), второго, третьего и т.д. слоев;

Z_1, Z_2, Z_3 – толщина первого (снизу), второго, третьего и т.д. слоев.

Таблица 5.6

n = 0...1,0												
n	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00
M	0,33	0,33	0,35	0,37	0,41	0,46	0,53	0,61	0,72	0,84	0,92	1,00
M_y	0,43	0,43	0,45	0,47	0,50	0,54	0,60	0,66	0,73	0,82	0,87	0,92
n = 1,05...2,0												
n	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	1,95	2,00
M	1,09	1,19	1,41	1,67	1,98	2,35	2,77	3,25	3,81	4,45	4,80	5,17
M_y	0,97	1,03	1,15	1,29	1,43	1,59	1,76	1,95	2,14	2,35	2,48	2,59
n = 2,05...3,00												
n	2,05	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	2,95	3,00
M	5,59	5,99	6,91	7,95	9,11	10,4	11,8	13,4	15,2	17,1	18,1	19,2
M_y	2,70	2,82	3,08	3,48	3,63	3,94	4,25	4,57	4,92	5,28	5,46	5,65
n = 3,10...5,00												
n	3,10	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	4,90	5,00
M	21,5	24,1	29,8	36,5	44,4	53,5	64,0	76,0	89,6	105	113	122
M_y	6,04	6,45	7,32	8,25	9,20	10,3	11,4	12,6	13,9	15,2	15,9	16,6
n = 5,5...12,0												
n	5,5	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,0	11,0	12,0
M	175	243	330	438	571	732	924	1151	1418	1727	2494	3483
M_y	20,4	24,8	29,8	34,8	40,5	46,7	53,5	60,6	68,6	76,7	94,9	115

Параметры воронки:

видимая глубина воронки $H_B = a n w = a r$, (5.16)

где: a – коэффициент, зависящий от свойств грунта;

$a = 0,4-0,45$ – для сухого песка;

$a = 0,45-0,55$ – для влажного песка, супеска и суглинка;

$a = 0,5-0,6$ – для глины;

$a = 0,6-0,7$ – для скальных пород.

$$\text{высота гребня (вала)} h = 0,15r \quad (5.17)$$

$$\text{наибольшая дальность развала породы} l = (5-7)r \quad (5.18)$$

наибольшая дальность разлета отдельных кусков

$$L = 140 \cdot n \cdot \sqrt{W} \quad (5.19)$$

(при наличии камней в грунте L увеличивается в 2 раза, при сильном ветре L увеличивается на 25–50%).

Масса наружных зарядов для образования воронок в виде параболоида (сосредоточенными зарядами) Q и для образования рвов треугольного профиля (удлиненными зарядами) Q_y :

$$Q = 18k \cdot r^3; \quad (5.20)$$

$$Q_y = 7k \cdot r^2. \quad (5.21)$$

Масса зарядов рыхления породы при двух свободных плоскостях пропорциональна его объему (4.6).

5.5.2. Предельные заряды рыхления – камуфлеты

Камуфлет – заряд, заложенный в грунт или скальную породу на глубину больше критической. Минимальная глубина его установки, при которой воронка на свободной поверхности не образуется ($p=0$), называется критической, а заряд – предельным зарядом рыхления или наибольшим камуфлетом.

Масса зарядов наибольших камуфлетов определяется по формулам (5.13) и (5.14) при показателе действия взрыва $n = 0$.

Радиус зоны вытеснения грунта (породы), образуемой взрывом камуфлета $R_{\text{выт}}$ (в метрах):

$$R_{\text{выт}} = m \cdot r_0, \quad (5.22)$$

где: m – коэффициент, зависящий от свойств ВВ и формы заряда (таблица 5.7);

r_0 – приведенный радиус заряда.

$$r_0 = \frac{\sqrt[3]{Q}}{18,7} \text{ – для сосредоточенных зарядов} \quad (5.23)$$

$$r_0 = \frac{\sqrt{Q_y}}{70} \text{ – для удлиненных зарядов} \quad (5.24)$$

Таблица 5.7

Наименование грунта и скальных пород	Значение m (для Т Н Т)	
	для сосредоточенных зарядов	для удлиненных зарядов
Глина песчаная	11,2-12,9	37,5-46,0
Глина обычная	6,4-9,8	16,3-30,8
Маргель мягкий	5,4-7,6	12,5-20,6
Глина ломовая, суглинок тяжелый	4,8-6,6	16,4-17,1
Мел мягкий, ракушечный	3,8-4,6	7,4-10,0
Мергель средний, известняк мягкий сильно трещиноватый	1,8-3,8	2,4-5,6
Гранит средний трещиноватый, доломит	1,6-2,5	2-4
Мрамор, доломит крепкий	1-2	1-3

Примечание: для аммонитов значения m уменьшаются на 10%, для аммиачной селитры и динамонов – на 15%.

Радиус зоны разрушения грунта R_p (м), образуемой при взрыве камуфлета:

$$R_p = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{K}} \quad \text{– для сосредоточенных зарядов;} \quad (5.25)$$

$$R_p = 1,2 \sqrt{\frac{Q_y}{K}} \quad \text{– для удлиненных зарядов.} \quad (5.26)$$

Радиус зоны разрушения в грунте, образуемой при взрыве заряда рыхления или выброса:

$$R_p = 1,13 \sqrt[3]{\frac{Q}{K} \cdot \left(1 - \frac{n}{18}\right)} \quad \text{– для сосредоточенных зарядов;} \quad (5.27)$$

$$R_p = 1,2 \sqrt[3]{\frac{Q_y}{K} \cdot \left(1 - \frac{n}{3}\right)} \quad \text{– для удлиненных зарядов.} \quad (5.28)$$

Радиус опасного сотрясения R_c зависит от массы заряда Q , характеристики грунта (породы) K и от прочности расположенного в зоне сотрясения сооружения и составляет:

- для сооружений из дерева, кирпича и бутового камня, расположенных в обычном грунте – в 1,5 раза больше радиуса зоны разрушения грунта;
 - для железобетонных сооружений, расположенных в обычных грунтах – примерно равен радиусу зоны разрушения грунта.
- Радиус зоны безопасности (наименьший) равен радиусу зоны опасности сотрясения.

5.5.3. Заряды для рыхления мерзлых грунтов и торфов

Дробление (рыхление) мерзлых грунтов делают с помощью шпуровых (при промерзании до 1,5 м), скважинных (при промерзании более 1,5 м), котловых, малокамерных и щелевых зарядов. В качестве ВВ применяют аммониты, тротил, зерногранулиты, гранулиты, игданит.

Диаметр шпура (скважины), мм:

$$d = 50W_n \sqrt{\frac{K}{\Delta}}, \quad (5.29)$$

где: W_n – толщина слоя промерзания, м;

Δ – плотность заряжания, т/м³.

При взрывании мерзлоты K кг/м³ следует принимать: для глины и строительного мусора 0,7–0,9; для суглинка мореного с галькой 0,6–0,7; для песчаных и черноземных грунтов 0,4–0,6.

Шпуры (скважины) располагают в шахматном порядке, расстояние a_3 между зарядами:

$$a_3 = 21d \sqrt{\frac{\Delta}{K}}. \quad (5.30)$$

При короткозамедленном взрывании интервал замедления определяют по формуле $t = 10-15w$. Причем меньшее значение рекомендуется для более прочных пород (например, глина), большее – для менее прочных пород (пески, супеси).

Глубина бурения в сезонно мерзлых породах должна быть не более 0,8–0,9 глубины промерзания. Длина заряда составляет 2/3 длины шпура.

При шпуровом методе величина заряда в каждом шпуре:

$$Q = Rkha_3^2, \quad (5.31)$$

где: R – поправочный коэффициент;

h – толщина мерзлого слоя, м.

Поправочный коэффициент R определяется в зависимости от величины W, м:

W, м	R	W, м	R
1,0 и более	1,0	0,7	1,8
0,9	1,15	0,6	2,4
0,8	1,37	0,5	3,5

Параметры работ при рыхлении мерзлых грунтов шпуровыми зарядами с диаметром шпура 42 мм – табл. 5.8.

Таблица 5.8

Категория (группа)	Глубина промерзания грунта, м	Глубина шпура, м	Расстояние между шпурами, м	Объем грунта на 1 шпур, м ³	Удельный расход ВВ, кг/м ²	Поправочный коэффициент, R	Масса заряда на шпур, кг	Длина заряда, м	Расход на 100 м ³ грунта		
									бурения, м	ВВ, кг	ЭД, шт.
I. Растительный слой, песок	0,5	0,4	0,4	0,08	0,5	3,5	0,14	0,13	500	175	1250
	0,7	0,56	0,56	0,22	0,5	1,8	0,198	0,16	254,5	90	454
	1,3	1,04	1,04	1,406	0,5	1,0	0,703	0,567	73,8	50	71
	1,5	1,2	1,2	2,16	0,5	1,0	1,08	0,87	55,6	50	46
II. Суглинок, супесь, гравийно-песчаные грунты	0,5	0,4	0,4	0,08	0,6	3,5	0,168	0,135	500	210	1250
	0,7	0,56	0,56	0,22	0,6	1,8	0,238	0,192	254,5	108	454
	1,3	1,04	1,04	1,406	0,6	1,0	0,84	0,677	73,8	60	71
	1,5	1,2	1,2	2,16	0,6	1,0	0,996	1,045	55,6	60	46
III. Плотная глина	0,5	0,4	0,4	0,08	0,7	3,5	0,196	0,158	500	245	1250
	0,7	0,56	0,56	0,22	0,7	1,8	0,278	0,224	254	126	454
	1,3	1,04	1,04	1,406	0,7	1,0	0,982	0,794	73,8	70	71
	1,5	1,2	1,2	2,16	0,7	1,0	1,511	1,218	55,6	70	46

При методе скважинных зарядов высота уступа для сезонно мерзлых пород равна глубине промерзания; для вечномерзлых пород – возможностям средств бурения и т.п.

Параметры работ при рыхлении мерзлых грунтов вертикальными скважинными зарядами – табл. 5.9.

Таблица 5.9

Диаметр скважины, м	Высота уступа, м	Глубина скважины, м	Расстояние, м		Линия наименьшего сопротивления, м	Масса заряда на одну скважину, кг	Количество скважин в пучке, шт.	Длина заряда, м	Расход на 100 м ³ грунта		
			между скважинами в ряду	между рядами скважин					бурения, м	ДШ, м	ЭД, шт.
110	3	3,3	3	3	3,75	17	1	2	58	354	60
	6	6,6	5,5	4	5,40	43	2	5,1	68	189	20
	12	13,2	6,0	6	9,6	105	3	12,0	57,5	153	9
	15	16,5	6,0	6	16,5	118	4	13,7	70	148	9
150	3	3,3	3,5	3	3,75	20	1	1,27	84,0	318	51
	6	6,6	5,0	5	5,42	81	1	5,1	40,5	138	12
	12	13,2	6,0	6	8,9	160	2	10,0	41,5	98,5	6
	15	16,5	7,0	7	10,6	185	3	11,7	44,5	97,5	6
200	3	3,3	3,5	3,5	3,75	20	1	0,71	84	318	51
	6	6,6	5,5	5,5	5,42	90	1	3,2	37	124	11
	12	13,2	7,0	7	8,9	187	2	6,7	35,5	87,5	6
	15	16,5	8,0	8	10,6	320	2	11,3	26,2	62,0	3

Котловые заряды позволяют уменьшить объем буровых работ за счет большой их концентрации в разрыхляемом массиве. Они применяются при глубине промерзания породы не менее 1 м. При глубине промерзания 1-2 м котловые заряды используют в шпурах, при большей глубине промерзания – в скважинах. При этом не рекомендуется размещать заряды в талом грунте во избежание образования там полости.

Массу прострелочного заряда для образования котла определяют следующим образом.

Масса котлового заряда Q_{K_0} :

$$Q_{K_0} = KaW, \quad (5.32)$$

где: a – расстояние между котловыми зарядами;

W – принимается равной глубине промерзания.

Параметры работ при рыхлении мерзлых грунтов котловыми зарядами (диаметр скважины 110 мм) приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Категория грунта (СниП IV-13)	Глубина промерзания, м	Глубина бурения, м	Расстояние между скважинами, м	Объем грунта на один заряд, м ³	Масса одного заряда, кг	Масса простреливаемого заряда, кг	Расход на 100 м ³ грунта	
							бурения, м	ЭД, шт.
I. Растительный слой, песок	2,2	1,65	3,3	23,9	11,95	0,597	6,92	6
	2,4	1,8	3,6	31,2	15,6	0,78	5,78	8
	2,8	2,1	4,2	49,0	24,5	1,225	4,38	8
	3,0	2,25	4,5	60,5	30,25	1,512	3,72	4
II. Суглинок, супесь, гравитопесчаные грунты	2,2	1,65	3,3	23,9	14,35	0,718	6,92	8
	2,4	1,8	3,6	31,2	18,7	0,935	5,78	6
	2,8	2,1	4,2	49,0	29,4	1,47	4,3	4
	3,0	2,25	4,5	60,5	36,3	1,815	3,72	4
III. Плотная глина	2,2	1,6	3,3	23,9	16,79	0,836	6,92	8
	2,4	1,8	3,6	31,2	21,84	1,09	5,78	6
	2,8	2,1	4,2	49,0	34,3	1,72	4,30	4
	3,0	2,25	4,5	60,5	42,3	2,12	3,72	4

Примечание: удельный расход ВВ, кг/м² в зависимости от категории грунта: I-0,5; II-0,6; III-0,7; расход ВВ кг/м³ на 100 м³ грунта: I-52,5; II-63; III-73,5.

Малокамерные заряды рыхления мерзлых грунтов применяют при отсутствии механизмов для бурения шпуров и скважин. Рукава проходят по такому слою в подошве мерзлой породы.

Основные параметры метода малокамерных зарядов:

- длина рукава Z_p должна быть не менее глубины промерзания породы h , но не более 5 м, то есть $0,5h \leq Z_p \leq 5$ м;
- W следует принимать равным глубине промерзания;
- расстояние между рукавами при мгновенном взрывании $a = W$; при короткозамедленном взрывании $a = (1,3-1,4) \cdot W$;
- удельный расход ВВ при малокамерном взрывании увеличивается против обычного в 1,2–1,5 раза.

Весьма эффективен метод щелевых зарядов. Заряды размещают в щелях шириной 10–30 см, образованных с помощью землеройных машин по всему котловану или по длине траншеи на 0,9–0,95 глубины промерзания. Расстояние между щелями должно быть не менее глубины щели (обычно 0,8–1,8 м). Из трех соседних щелей заряжается одна средняя. При взрыве происходит сдвиг мерзлого грунта в нарезанные щели по основанию выемки с одновременным его рыхлением.

В качестве ВВ можно использовать аммонит № 6 ЖВ (рассыпной или патронированный), стандартные удлиненные заряды

СЗ-1 П, СЗ-4 П, а также удлиненные заряды, изготавливаемые на месте работ из тротильных шашек.

Щели нарезают через равные промежутки по всему котловану, перпендикулярно к объекту, охраняемому от разлета кусков и действия воздушной ударной волны.

В зарядную щель по всей длине укладывают ДШ. Взрывание – электрическое короткозамедленное (четыре-пять ступеней замедления через интервал 25 мс).

При взрывании мерзлого торфа заряды размещаются в шпурах. Глубина шпуров принимается равной глубине мерзлого слоя торфа, но не менее 0,5 м.

Масса заряда и расстояние между ними зависят от мощности слоя мерзлого торфа и принимается по таблице 5.11.

Таблица 5.11

Мощность слоя мерзлого торфа, м	Масса заряда, кг	Расстояние между зарядами в ряду и между рядами, м
0,2	1,7-2,0	0,2-0,5
0,2-0,3	1,6-1,9	0,3-0,6
0,3-0,5	1,4-1,8	0,5-0,7
0,5	1,3-1,5	0,5-0,9

5.6. Подводное взрывание и дробление льда

5.6.1. Взрывчатые вещества и средства инициирования

При работе под водой эффективны водоустойчивые взрывчатые вещества и средства инициирования. При использовании неводоустойчивых ВВ необходимо проводить их тщательную гидроизоляцию.

Подводный взрыв и дробление льда делают с помощью тротила, пикриновой кислоты, пластита-4, алюмотола, гранулотола и других ВВ.

Алюмотол и гранулотол – высокомошные гранулированные ВВ. Время нахождения зарядов из этих ВВ:

- в нейтральных водных растворах (рН-7) могут находиться практически в течение любого времени без потери или снижения взрывчатых характеристик;
- в растворах соляной и серной кислоты (рН < 7) в течение 30 суток на глубине 1 м снижает работоспособность зарядов на 12–15% по сравнению с работоспособностью зарядов, находящихся в нейтральной среде;
- в щелочных растворах (рН > 7) в течение 33 суток, при этом заряды из алюмотола снижают работоспособность на 21%.

Алюмотол и гранулотол применяются во всех видах подводных взрывных работ, плотность 1,52–1,68 г/см³ и 1,48–1,54 г/см³ соответственно, в водонаполненном состоянии их взрывчатые характеристики в 1,2–1,3 раза ниже, чем в сухом виде. Детонация скальных зарядов из этих ВВ осуществляется двумя шашками-детонаторами типа ТГ-400Г или ТГ-500.

Аммонит А-80 и А-50 – ВВ пониженной мощности поступает на снабжение войск в виде прессованных брикетов, которые могут находиться в воде в течение нескольких часов, не теряя взрывчатых свойств и восприимчивости к детонации. Несмотря на это при подводных взрывных работах заряды из А-80 и А-50 необходимо изолировать от воды.

Аммонит № 6 ЖВ (порошкообразный) – ВВ средней мощности, несмотря на наличие в своем составе водоустойчивой селитры марки ЖВ относится к неводоустойчивым ВВ. В основном из него готовят накладные заряды для дноуглубительных работ, дробления валунов и подледные заряды при дроблении льда. Размещают в специальных герметических контейнерах, сделанных из влаго непроницаемых материалов или в полиэтиленовых рукавах. Заряды ДШВ или ДШЭ.

Аммонит №6 ЖВ (патронированный) обладает низкой водоустойчивостью. Так, при давлении воды 0,2 МПа и двухчасовом пребывании в ней патроны не детонируют друг от друга. При подводных взрывных работах применяется в гидроизолирующих оболочках.

Патроны аммонита № 6 ЖВ диаметром 90 мм используют в качестве скважинных зарядов при небольших объемах дноуглубительных работ, а также для дробления бетонных и железобетонных элементов конструкций. Детонируют патроны от ДШ марки ДШВ и ДШЭ.

Аммонит скальный № 1 – высокомогущное ВВ, неводоустойчив. При подводных взрывных работах идет только в гидроизолирующих оболочках в качестве шпуровых зарядов, промежуточных детонаторов, накладных зарядов. Масса такого промежуточного детонатора составляет 1,6–2,0 кг.

Инициирование патронов аммонита скального № 1 производится с помощью ДШВ или ДШЭ.

Граммонит 79/21-В, гранулиты АС-4В и АС-8В относятся к ВВ средней мощности, обладают крайне низкой водоустойчивостью, должен содержаться только в гидроизолирующих оболочках в качестве скважинных зарядов. Инициирование зарядов из этих ВВ осуществляется от одной шашки типа Т-400Г или четырех патронов аммонита № 6ЖВ.

Шашки-детонаторы Т-400Г, ТГ-500 и ТП-400 обладают следующей водоустойчивостью: ТГ-500 – до тридцати суток; Т-400Г (с

дефектами гидроизоляции) – до трех суток; ТП-400 (прямоугольной формы) – до пяти суток.

Шашки-детонаторы применяются: ТГ-500 и Т-400Г – в качестве промежуточных детонаторов, ТП-400 – главным образом для перебивания металлических и деревянных подводных конструкций.

Боевые зарядные отделения (БЗО) торпед, авиабомб, мин и т.п., списанных или снятых с вооружения, представляют собой, как правило, герметический корпус, заполненный плавленным тротилом или его сплавами с другими ВВ.

Все виды работ, связанные с применением БЗО на подводных взрывных работах, должны осуществляться в соответствии с Инструкцией по применению списанных боеприпасов при производстве массовых взрывов.

Средства инициирования, применяемые в подводных зарядах, характеризуются следующей водоустойчивостью (данные экспериментальные):

- детонирующие шнуры марки ДША – до 10–20 часов; ДШЭ-6, ДШЭ-12 и ДШВ с гидроизолированными концами – до 60 суток;
- пиротехническое реле типа КЗДШ-69 на глубине 1 м – до 1 суток;
- огнепроводный шнур марки ОШЭ обладает практически неограниченной водоустойчивостью;
- электродетонаторы ЭД-8Э и ЭДКЗ – водостойкие.

Место ввода детонатора (ДШ) в патрон-боевик покрывают изоляционным составом.

При недостаточной водостойкости средств КЗВ их выводят на поверхность воды и удерживают на поплавках.

5.6.2. Гидроизоляция зарядов неводоустойчивых ВВ

Она предусматривает их внешнюю защиту влагонепроницаемыми материалами. Может выполняться в заводских условиях или на месте взрывных работ.

Материалы, применяемые для изготовления гидроизолирующих оболочек: полимерные пленки, бумага, покрытая смесью парафина-петролатума, обрешиненная бумага и т.п. Наибольшей влагонепроницаемостью обладает полиэтиленовая пленка, бумага, покрытая полиэтиленовой пленкой, и полиэтиленовая рукавная пленка (полиэтиленовые рукава) толщиной не менее 180 мкм. Гидроизоляция неводоустойчивых ВВ этими материалами обеспечивает сохранение их работоспособности в воде не менее 30 суток.

Кроме указанных выше средств в качестве оболочек накладных и скважинных зарядов неводоустойчивых ВВ можно брать бумагу пергаментную, полупергаментную, плотную проклеенную,

резину, картон, различные ткани, мешковину, стекло, кровельное железо, дерево и т.п. При этом бумажные, картонные и тканевые оболочки должны тщательным образом покрываться (пропитываться) гидроизолирующим составом.

Аммиачно-селитренные ВВ выпускаются заводами-изготовителями в полиэтиленовых мешках, бумажных с полиэтиленовым вкладышем или бумажных, внутренняя поверхность которых ламинирована полиэтиленом. Ламинированные изнутри бумажные мешки могут находиться под водой на глубине 3 м не менее 5 дней.

5.6.3. Заряды для подводных взрывных работ

Взрывные работы под водой с учетом специфики проведения АСДНР в различных чрезвычайных ситуациях, как правило, выполняются методом накладных зарядов. С их помощью разрушают элементы из различных материалов, углубляют и расчищают русло рек, взрывают песчаные перекаты и др.

При подрывании стальных элементов под водой при любом заглублении (за исключением незаполненных водой труб или пустотелых колонн) масса контактных зарядов определяется по формулам (5.6), (5.7) и (5.9), но с увеличением в два раза.

При разрушении контактными зарядами стальной обшивки судов и стальных элементов гидротехнических сооружений, оmyваемых водой только со стороны приложения заряда, их масса рассчитывается по формулам (5.6), (5.9), но с уменьшением в полтора раза.

Если заряды располагаются с внутренней стороны конструкции (в трюме), то их масса определяется по формулам (5.6), (5.7) с увеличением в 4 раза. Масса подводного заряда для этого варианта может быть рассчитана по формулам (5.6) и (5.7) без увеличения, если со стороны, противоположной заряду, к подрываемому элементу прикрепить деревянный брус, а лучше – полую водонепроницаемую коробку. Размеры бруска (коробки) должны быть не меньше размеров заряда.

Для перебивания толстых (более 5 см) стальных и бронированных листов под водой целесообразно применять кумулятивные удлиненные заряды с полостями кумулятивных выемок, заполненных пенопластом и другими подобными по свойствам материалами.

При дноуглубительных работах общий расход ВВ Q:

$$Q = K_n \cdot W_n \cdot S, \quad (5.33)$$

где: K_n – удельный расход ВВ, кг/м²;

W_n – глубина рыхления, м;

S – площадь взрываемого участка, м².

Удельный расход ВВ при разработке различных пород подводными накладными зарядами на основании опыта треста Союзвзрывпром приведен в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Группа грунтов и пород по СН и ПУ	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
K_H , кг/м ³	12	20	30	35	40	70	100	150	200	300

Если глубина погружения заряда меньше $2 W_H$, рассчитанную массу заряда необходимо увеличить: при глубине погружения на $1,4 W_H$ – на 25%; при глубине погружения $(0,7-1,4) W_H$ – на 50–25%. Если мощность разрыхляемого слоя превышает 0,5 м, то определяется число взрываемых слоев ($n_{сл}$):

$$n_{сл} = W/m_{сл},$$

где: $m_{сл}$ – (0,3–0,5) – максимальная мощность слоя скальных пород, взрываемого за один прием, м.

Далее определяются другие показатели зарядов:

– расход ВВ на рыхление одного слоя

$$Q_{сл} = Q/n_{сл};$$

– расстояние между накладными зарядами в одном ряду

$$a = (3 + 3,5)m, \text{ м.}$$

Примерная масса подводных накладных зарядов для углубления песчаного дна реки.

– расстояние между рядами зарядов

$$b = (2,5 + 3,0)m, \text{ м;}$$

– площадь действия одного заряда

$$S_1 = ab, \text{ м}^2;$$

– количество накладных зарядов для рыхления одного слоя

$$n_{зар} = S/S_1;$$

– масса одного заряда (кг)

$$Q = Q_0/n_{зар}.$$

При дроблении одиночных валунов и негабарита масса накладных зарядов:

$$Q_n = K_m \cdot V, \quad (5.34)$$

где: K_m – удельный расход ВВ на дробление пород, принимаемый для скальных пород в пределах 1,5–3 кг/м³;
 V – объем негабаритного куска или валуна, м³.

При перебивании предметов удлиненной формы (брус, рельс, бревно и т.д.) масса накладного заряда (4.2).

Примерная масса подводных накладных зарядов приведена в таблице 5.13 – для углубления песчаного дна реки на перекате; в таблице 5.14 – для углубления каменистого дна реки.

Таблица 5.13

Глубина реки на перекате, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Масса заряда ВВ (ТНТ), кг	2	3	3,5	4	5	6
Расстояние между зарядами и рядами зарядов, м	4,0	6	7,5	8,5	11,8	13,0
Ориентировочное углубление переката после взрыва	0,8-0,15	0,1-0,2	0,12-0,25	0,15-0,30	0,14-0,32	0,15-0,35

Таблица 5.14

Необходимое углубление дна, м	Масса подводного заряда, кг		
	для слоистого известняка	для плотного известняка	для более крепких пород
0,4	0,8	1,7	2,6
0,5	1,6	3,4	5,8
0,6	2,9	6,0	8,8
0,7	4,5	9,2	13,5
0,8	5,5	13,5	20,0

5.7. Заряды для дробления льда и ледяных заторов

Для дробления льда и ледяных заторов используют наружные, внутренние и подледные заряды. Наружные и внутренние могут быть сосредоточенными и удлиненными. Они применяются в основном для устройства лунок основных зарядов, разрушения льдин и ледяных заторов. Наружные взрывают на поверхности льда, когда нет времени, сил и средств для подготовки внутренних или подледных зарядов. С точки зрения удельного расхода ВВ наружные заряды самые неэкономичные.

Внутренние устанавливают в толще льда, выемках, устраиваемых заблаговременно вручную, механическими средствами и с использованием наибольших по массе зарядов ВВ.

Подледные заряды помещают под толщей льда в воде на оптимальной глубине. Они наиболее эффективны по удельному расходу ВВ, их масса примерно в 1,5–2 раза меньше массы наружных зарядов и в 0,5–0,8 раза меньше массы внутренних зарядов. В то же время подледные заряды оказывают наибольшее по сравнению с наружными и внутренними зарядами отрицательное влияние на подводную фауну, в том числе и на рыб.

Масса сосредоточенных подледных зарядов определяется по формуле (4.4), где для K принимают следующие значения:

$K = 0,3 \text{ кг/м}^3$ – происходит рыхление льда без ограничения майны;

$K = 0,5 \text{ кг/м}^3$ – образуется майна во льду диаметром (3–3,5) W , полностью заполненная битым льдом;

$K = 0,9 \text{ кг/м}^3$ – образуется майна диаметром 4 W , очищенная от льда;

$Q = (5–15)W$ – расстояние между зарядами, м.

Линия наименьшего сопротивления W в расчетах принимается в зависимости от толщин льда (h , м):

$$W = 1,5–2 \text{ м, при } h \leq 0,4 \text{ м;}$$

$$W = 2–3,5 \text{ м, при } h > 0,4 \text{ м.}$$

Расстояние между зарядами составляет (5–15) W .

Расчитанная масса подледных зарядов должна уточняться экспериментально путем пробных взрывов перед началом ледохода с учетом реальной крепости льда.

Массу и другие параметры сосредоточенных подледных зарядов, взрывааемых на оптимальной глубине для образования полыней, определяют по таблице 5.15.

Таблица 5.15

Толщина льда, м	Оптимальная глубина погружения заряда, м	Масса заряда, (кг), при		Расстояние между зарядами (м) при		
		K=0,5 кг/м ³	K=0,9 кг/м ³	5W	10 W	15 W
0,2-0,3	1,3	1,1	2	6,5	13	19,5
0,3-0,4	1,4	1,4	2,5	7	14	21
0,4-0,5	1,5	1,7	3	7,5	15	22,5
0,5-0,6	1,6	2	3,7	8	16	24
0,6-0,7	1,7	2,7	4,8	8,5	17	25,5
0,7-0,8	1,9	3,4	6,2	9,5	19	28,5
0,8-0,9	2,1	4,6	8,3	10,5	21	31,5
0,9-1	2,3	6,1	11	11,5	23	34,5
1-1,1	2,5	7,8	14,1	12,5	25	37,5
1,1-1,2	2,7	9,8	17,7	13,5	27	40,5
1,2-1,3	2,9	12,2	22	14,5	29	43,5
1,3-1,4	3,1	14,9	26,8	15,5	31	46,5
1,4-1,5	3,3	18	32,3	16,5	33	49,5

Для увеличения диаметра полыньи целесообразно применять кроме основного заряда забивочный, который размещается на половине расстояния между основным зарядом и поверхностью ледяного покрова. Масса забивочного заряда составляет 20–25% массы основного. При этом диаметр полыньи увеличивается примерно в 1,5 раза. Основной и забивочный заряды должны взрываться одновременно.

Массу подледных зарядов для ликвидации заторов можно принимать в соответствии с данными таблицы 5.16.

Таблица 5.16

Наименование ВВ	Глубина установки заряда, м			
	1,5	2,0	3,0	4,0
Тротил (ТНТ)	8	10	16	24
Аммонит № 6 ЖВ	10	13	20	30
Акватол М	9	12	18	26

Масса внутренних сосредоточенных зарядов для устройства борозд в толще льда рассчитывается по формуле:

$$Q = K B Z M W^3, \text{ кг}, \quad (5.35)$$

$$\text{а удлиненных } Q_y = K_y B Z M_y W^2, \text{ кг/м}, \quad (5.36)$$

где: K, K_y – удельный расход ВВ (тротила) для разрушения льда соответственно сосредоточенными и удлиненными зарядами:

$$K = 0,4 \dots 0,45 \text{ кг/м}^3; K_y = 0,76 \cdot K = 0,3 \dots 0,38 \text{ кг/м}^3;$$

B – коэффициент забойки заряда, при:

$$h_3/W = 3/4 \quad B = 1,2 \dots 1,3$$

$$h_3/W = 1 \quad B = 1$$

$$h_3/W = 0 \quad B = 3,5 \dots 4,75;$$

M, M_y – коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва (табл. 5.6);

Z – поправочный коэффициент на вид применяемого ВВ, принимается по табл. 5.17;

h_3 – высота заряда, м.

Таблица 5.17

№ п/п	Взрывчатые вещества	Заряды	
		внутренние	наружные
		Значение коэффициента	
1.	Тротил	1,0	1,0
2.	Гексоген	0,8	0,74
3.	ТГ-36/34 (ТГ-36)	0,85	0,76
4.	ТГ-50/50 (ТГ-50)	0,88	0,8
5.	Аммонит скальный № 1	0,78	1,43
6.	Аммонит № 6 ЖВ	1,0	1,5

Масса наружных контактных зарядов для разрушения льдин и ледовых полей:

для сосредоточенных зарядов $Q = K \Pi \Pi_n^3, \text{ кг}; \quad (5.37)$

для удлиненных зарядов $Q_y = K_y \Pi n h_n^2, \text{ кг}, \quad (5.38)$

где: n – показатель действия взрыва, принимается в зависимости от прочности льда в пределах $n = 1,2 \dots 1,5$;

h_n – толщина льда;

Π – показатель формы заряда, принимается по таблице 5.18.

Таблица 5.18

№ п/п	Заряд и его форма	Соотношение размеров заряда	Π
1.	Сосредоточенный заряд в форме цилиндра диаметром "а" (в форме параллелепипеда с квадратным основанием со стороной "а" и высотой "Н")	$a/H=1,0$	6,0
		$a/H=1,5$	4,0
		$a/H=2,0$	2,0
2.	Сосредоточенный заряд в форме параллелепипеда длиной "b", высотой "Н" и шириной "b"	$b/H=1,0$	6,0
		$b/H=1,5$	3,2
		$b/H=2,0$	2,6
3.	Удлиненный заряд с прямоугольным поперечным сечением шириной "b" и высотой "Н"	$b/H=1,0$	4,0
		$b/H=1,5$	2,67
		$b/H=2,0$	2,0

Лунки для подледных и внутренних зарядов можно устраивать вручную (с помощью пешней, ручных рыбацких ледобуров), мотобурами и взрывом.

С помощью рыбацкого ледобура (масса – 2,5 кг, длина в собранном виде 1450 мм) можно просверлить лунку во льду диаметром 0,17 м, глубиной до 1 м за 5–10 минут. Время устройства лунки диаметром 25–40 см и глубиной 0,5 м одним человеком составляет 3–5 минут. Использование механических ледобуров (конструкции Пшеничникова и Морозова, ОЛБ-42, Тюменского рыбтрита, ИЛБ-2Д-10) позволяет делать лунки диаметром 150–320 мм, глубиной 900–1500 мм со скоростью бурения 0,6–2 м/мин.

Рекомендуемая масса внутренних и наружных зарядов ВВ для пробивания лунок диаметром 0,3–1,2 м во льду толщиной 0,3–1,5 м, предназначенных для установки подледных зарядов, приведена в таблице 5.19.

Таблица 5.19

Толщина льда, м	Масса наружного заряда (ТНТ), кг	Внутренние заряды в толще льда		
		Глубина заложения заряда, м	Масса заряда (ТНТ), кг	Диаметр лунки, м
0,3	0,2	–	–	–
0,4	0,4	–	–	–
0,5	0,6	0,3	0,4	0,6
0,6	–	0,3	0,6	0,7
0,8	–	0,4	0,8	0,8
1,0	–	0,5	1,0	0,9
1,2	–	0,6	2,4	1,0
1,5	–	0,75	3,0	1,2

Для освобождения рек от ледового покрова вблизи сооружений и на участках, где возможно образование заторов, целесообразно пробивать майны шириной не менее 2/3 ширины реки и длиной не менее 2–3 ширин реки. На затороопасных участках протяженность майн может быть большей. У мостов майны устраиваются как с верховой, так и с низовой сторон моста.

Майны делают с помощью взрыва сосредоточенных подледных зарядов, располагаемых рядами поперек реки. Для надежного дробления льда расстояние между зарядами и рядами зарядов назначается одинаковым.

Крупные льдины разрушают до подхода их к мосту. Место расположения и количество зарядов зависят от размеров льдины, ее конфигурации и максимального размера фрагментов. Необходимо размещать заряды так, чтобы льдина раскалывалась по

линиям, которые параллельны меньшим ее сторонам (рис. 5.14). В центре должен размещаться наибольший по массе сосредоточенный заряд, а по контурам ожидаемых расколов – удлиненные или ряды сосредоточенных зарядов.

Слабые льдины, по которым перемещение людей без досок или других приспособлений небезопасно, разрушают сосредоточенными зарядами, которые забрасывают на льдину с лодки (катера). Это следует делать с площадок, оборудованных на носу или корме лодки (катера) после ее (его) остановки у льдины. С борта заряды ВВ можно бросать на льдину только после прикрепления лодки (катера) к льдине откидными сходнями.

В случаях, когда доставка зарядов на льдину и в ледяной затоп на лодке (катере) невозможна (обильный ледоход, отсутствие катера и др.), заряды нужно опускать на лед с вертолета.

При расчете потребности ВМ для защиты мостов от ледохода в среднеклиматических условиях при толщине льда 60–80 см следует руководствоваться средними нормами, приведенными в таблице 5.20.

Таблица 5.20

Длина моста, м	Средний расход ВМ на 1 п.м. длины моста			Длина моста, м	Средний расход ВМ на 1 п.м. длины моста		
	ВВ, кг	ДШ, м	ОШ, м		ВВ, кг	ДШ, м	ОШ, м
20-40	3	1,5	1	100-150	8	4	3
40-60	4	2	1,5	150-200	10	5	4
600-100	6	3	2	200-300	15	7,5	5

Освобождение кораблей (судов), вмерзших в лед, производится устройством вокруг них сплошного разрушения льда шириной 4–5 м. Зоны создаются постепенно от кормы к носу, сначала со стороны одного борта, затем со стороны другого (если это окажется необходимым). Битый лед винтом корабля (судна) прогоняется под нетронутый ледяной массив.

Пребывание людей, легких плавающих средств (лодок и амфибий) и работа водолазов в это время допускается только на безопасных расстояниях (R_B):

$$R_B \geq 250\sqrt[3]{Q}, \text{ м}, \quad (5.39)$$

где: Q – масса взрываемого в воде заряда, кг.

6. Использование взрывных технологий при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ

6.1. Использование взрывных работ для предупреждения и ликвидации ледовых заторов

Взрывные работы по разрушению льда при ледоходах применяются с целью защиты мостов и гидротехнических сооружений (ГТС) от повреждения льдом, предупреждения образования ледяных заторов и их разрушения, освобождения судов, вмерзших в лед, и проводки их через льды. При этом для защиты опор мостов и ГТС от повреждений перед началом ледохода они освобождаются от ледяного покрова, а с верхней и нижней стороны объекта устраиваются майны. Майны делают и на участках реки, где возможны заторы (рис. 6.1).

С началом ледохода взрывом разрушаются заторы и крупные льдины, способные нанести повреждения охраняемым объектам.

Взрывные работы по разрушению льда при ледоходах производятся в соответствии с решением председателя чрезвычайной комиссии. Решение принимается на основе изучения материалов о реке и данных инженерной разведки ее участков в местах расположения защищаемых объектов.

Разведкой устанавливается:

- состояние льда и его толщина у объектов и на затороопасных участках;
- особенности объектов и их состояние;
- районы, удобные для размещения личного состава, техники и склада взрывчатых материалов;
- наличие и состояние дорог, а также возможности передвижения транспортных средств по бездорожью.

Данные разведки наносятся на план местности или карту масштаба 1:25 000(1:50 000).

Решение на производство взрывных работ оформляется на плане местности или на карте масштаба 1:50 000. На план (карту) наносятся:

- район размещения подразделений (формирований) МЧС России и склада ВМ;
- места и размеры майн, устраиваемых у объектов и на затороопасных участках реки;
- места разрушения льда для освобождения объектов от ледового покрова;
- места размещения постов наблюдения за ледоходом и дежурного подразделения по ликвидации заторов;

- состав и расположение спасательных команд;
- границы безопасных зон при производстве взрывов и места постов оцепления;
- сроки выставления постов наблюдения и порядок поддержания с ними связи.

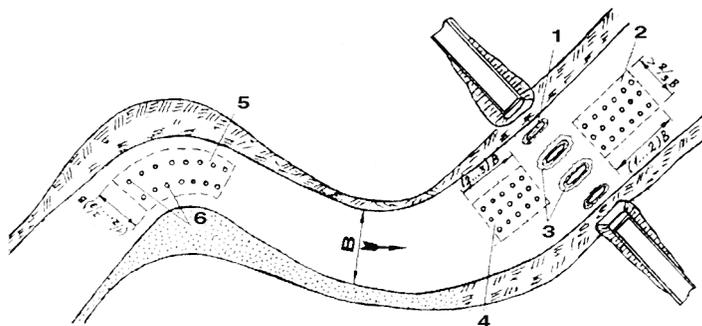


Рис. 6.1. Защита опор и предотвращение заторов на реках (вариант):
 1 – опоры моста; 2 – низовая майна; 3 – борозды (канавы) вокруг опор;
 4 – верховая майна; 5 – майна на затороопасном участке; 6 – лунки для
 опускания зарядов под лед; В – ширина реки

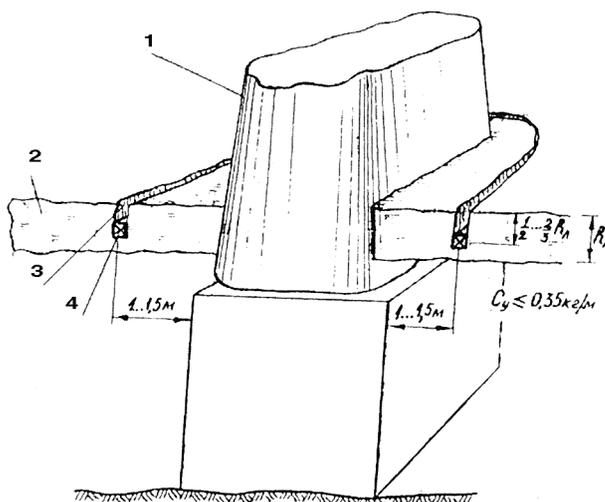


Рис. 6.2. Схема установки заряда при освобождении опор моста от льда (вариант):

- 1 – опоры; 2 – ледовой покров; 3 – борозда; 4 – удлиненный заряд

На обороте плана (карты) или в текстовой части решения помещаются схемы разрушения льда на каждом участке с указанием массы зарядов, способов их размещения и расстояний между зарядами, конструкции зарядов и способы их взрывания, место минной станции.

В соответствии с решением перед началом ледохода формируются команды взрывников, наблюдателей, спасателей, дежурное подразделение и оцепление и определяются их задачи. При постановке задач взрывникам вручается паспорт (схема) взрывов.

Для освобождения опор мостов, причалов, плотин у водосливов, на расстоянии 1–1,5 м от стенки делают борозды (канавы) шириной не менее 0,5 м. При толщине льда более 0,5 м борозды (канавы) устраиваются взрывом удлиненных зарядов с погонной массой не более 0,25 кг/м. Общая масса одновременно взрывааемых зарядов не должна превышать 3,5 кг. Заряды для устройства борозд закладываются в щели (рис. 6.2), устраиваемые вручную или с помощью цепных баров и мотопил на глубину, равную $1/2–2/3$ толщины льда.

Для облегчения излома льдин при подъеме воды борозды вокруг опор (у причалов, плотин и др.) соединяются канавами с майнами.

Майны у мостов, ГТС и на затороопасных участках реки устраиваются взрывом подледных сосредоточенных зарядов. На реках ширина майн должна быть не менее половины их ширины, длина низовой майны принимается равной 1–1,5, а верховой – 2 – 2,5 ширинам реки. На водохранилищах майны перед водосливами необходимо оборудовать шириной не менее 30 м.

Устройство майн на реках начинается с низовой стороны. Заряды располагаются параллельными рядами (рис. 6.3) поперек фарвартера. Расстояние между зарядами в рядах и между рядами принимаются равным 1,5 – 2,0 радиусам воронки. Подледные заряды размещаются на оптимальной глубине ($W_{\text{опт}}$):

$$W_{\text{опт}} = \frac{r_{\text{в}}}{n_{\text{опт}}}, \quad (6.1)$$

где: $r_{\text{в}}$ – расчетный радиус воронки;

$n_{\text{опт}}$ – показатель действия взрыва ($n = \frac{r_{\text{в}}}{W}$), оптимальное значение $n_{\text{опт}} = 1,76$.

При необходимости не только дробления, но и выброса льда показатель действия взрыва принимается в пределах $n = 2,0–2,5$.

Для установки сосредоточенных зарядов в толще льда или подо льдом в нем вручную, механическими средствами или взрывом делают лунки такого размера, чтобы заряд проходил в них свободно. При толщине льда менее 0,6 м лунки устраиваются взрывом контактных, а при большей толщине – взрывом внутренних зарядов, которые закладываются на глубину, равную $2/3$ толщины льда.

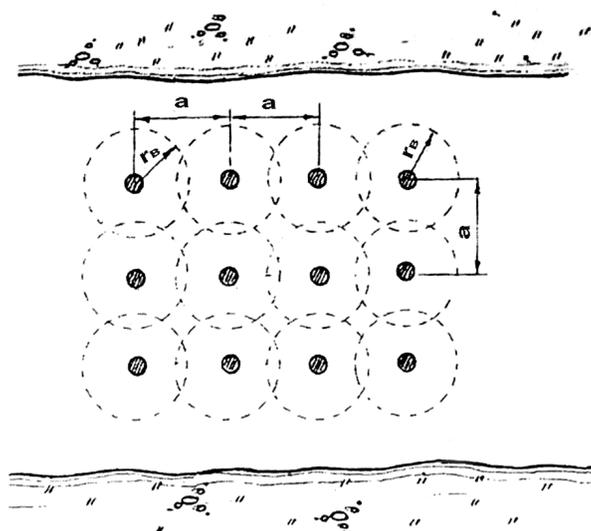


Рис. 6.3. Схема размещения зарядов при устройстве мин (вариант):
 a – расстояние между зарядами; r_B – радиус воронки; $a = (1,5...2,0)r_B$

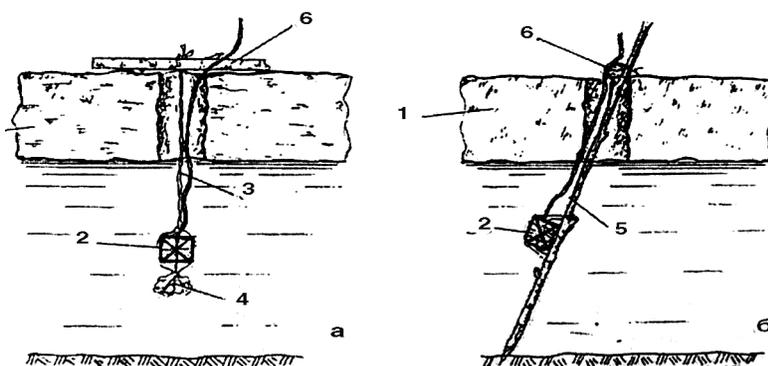


Рис. 6.4. Способы установки зарядов подо льдом:
 a – на стропе; b – на шесте (1 – ледовый покров; 2 – заряды ВВ;
 3 – стропа; 4 – груз; 5 – шест; 6 – перекладина)

При устройстве лунок масса контактных и внутренних зарядов в килограммах принимается в соответствии с правилом:

- при толщине льда до 1,0 м – равной его толщине (W_n), выраженной в метрах;
- при толщине льда более 1,0 м – равной удвоенной толщине льда, выраженной в метрах.

Например, при $W_n = 0,5$ м, масса заряда $Q = 0,5$ кг;

при $W_n = 1,1$ м $Q = 2 \cdot 1,1 = 2,2$ кг.

Лунки можно образовывать и взрывом зарядов из буровых шашек, размещаемых в шпурах диаметром 35–45 мм. Шпур бурится на глубину $3/4$ толщины льда и заполняется шашками на $2/3$ его глубины.

Для пробивания лунок во льду можно использовать кумулятивные заряды. Кумулятивный заряд КЗ-2 пробивает лед толщиной до 2 м, образуя лунку диаметром до 25 см.

Сосредоточенные заряды опускаются под лед на стропах или шестах (рис. 6.4), верхние концы которых крепятся к поперечным перекладинам. Для предотвращения всплытия или сноса течением к зарядам, опускаемым на стропах, крепится груз.

Крупные льдины во время ледохода дробятся на фрагменты взрывом контактных сосредоточенных зарядов массой 2–5 кг. Наибольший размер фрагмента не должен быть более $2/3$ пролета между опорами моста, водослива. Заряды на льдины забрасываются при интенсивном ледоходе – с вертолетов, а при незначительном количестве льда на реке – с лодок.

Неподвижные (малоподвижные) льдины могут расчлняться на фрагменты взрывом контактных удлиненных зарядов массой 2–4 кг/м, привозимых взрывниками на лодке. Лодка, на которой доставляются взрывники с зарядами, должна быть оборудована откидными сходнями с шипами на концах. Личный состав команды, доставляющий заряды на льдины, должен быть обеспечен спасательными средствами.

Успех работы по ликвидации ледовых заторов, расход ВМ, затраты труда и времени во многом зависят от правильного определения места заложения зарядов – “замка” затора. Площадь последнего по сравнению с площадью всего ледового затора мала. Например, если площадь заторов на средних реках исчисляется в десятках тысяч квадратных метров, то площадь “замка” составляет всего лишь несколько сотен квадратных метров, т.е. приблизительно в 100 раз меньше. “Замок”, как правило, располагается в голове затора (с нижней по течению стороне реки) и проявляется тем отчетливее, чем меньше длина затора и толщина набитого в нем льда.

На узких реках (шириной до 50 м) заряды закладывают посередине затора, начиная с нижней его части. Взрывание заторов большой ширины (более 100 м) следует производить лишь после выявления места расположения “замка”, которое определяют по торосам, образовавшимся в результате надвижения льдин на преграды – берег, остров и др.

Прочные заторы, образовавшиеся на некотором удалении от защищаемых объектов, разрушаются взрывами контактных или внутренних зарядов массой 10–25 кг. Заряды располагаются с нижней стороны затора так, чтобы их взрывом разрушались льдины, удерживающие затор и образовывался канал шириной 20–30 м. Расстояние между зарядами принимается равным 6–8 м. Взрыв всех зарядов должен производиться одновременно. При установке зарядов на заторе не должно находиться одновременно более двух человек.

Непрочные заторы разрушаются с нижней стороны взрывами сосредоточенных зарядов массой 6–12 кг, они опускаются на затор с вертолета. За один заход на затор опускается не более 2–3 зарядов. При выкладке зарядов с вертолета целесообразно применять ЗТП-150 (ЗТП-300) с механическим воспламенителем или зажигательные трубки длиной 1,0–1,5 м.

Заторы, образующиеся непосредственно у моста или водослива, разрушаются взрывом сосредоточенных контактных зарядов массой не более 3,0 кг, сбрасываемых с объектов на затор взрывниками, несущими постоянное дежурство на объекте.

Работы по уничтожению ледяных заторов должны производиться в начале их формирования. При производстве взрывных работ по разрушению затора должно устанавливаться непрерывное наблюдение за его состоянием, а спасательные средства находиться в постоянной готовности к снятию людей, работающих на заторе. В качестве спасательных средств целесообразно иметь вертолет с площадкой на подвеске или легкий катер.

Освобождение судов, вмерзших в лед, производится устройством вокруг них зон сплошного разрушения льда шириной 4–6 м. Зоны разрушения (рис. 6.5) льда, как правило, устраиваются взрывом внутренних зарядов постепенно от кормы к носу судна, сначала со стороны одного, а затем (если это необходимо) и со стороны другого борта. Заряды размещаются в шпурах или колодцах, выделанных во льду на глубину 1/2 его толщины. Расстояние от зарядов до борта судна должно быть не менее 1,5 радиусов воронки выброса, а между зарядами и рядами зарядов – не более двух радиусов.

В случае применения подледных зарядов для разрушения льда последние должны располагаться на безопасных для судна расстояниях, указанных в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Минимальные безопасные расстояния (в метрах)
от бортов судна до подледных зарядов**

Масса под- ледного заряда, кг	Тип судна			
	Речные*	Морские обычные	Морские для ледовых условий	Ледоколы
1	20	16	12	10
3	40	20	16	10
5	50	30	20	15
10	60	35	25	15
20	80	45	30	20
30	100	50	35	25
50	120	60	45	30

*Суда с деревянной обшивкой.

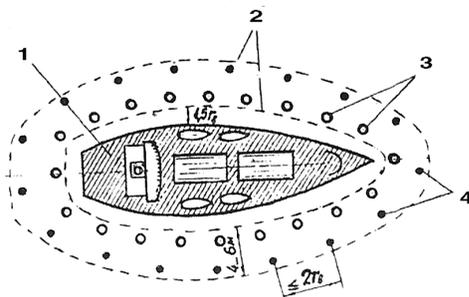


Рис. 6.5. Схема установки зарядов при освобождении судна ото льда:
1 – судно; 2 – контуры зоны разрушения льда; 3 – лунки для зарядов ВВ первой очереди; 4 – лунки для зарядов ВВ второй очереди; $r_{л}$ – радиус воронки выброса льда

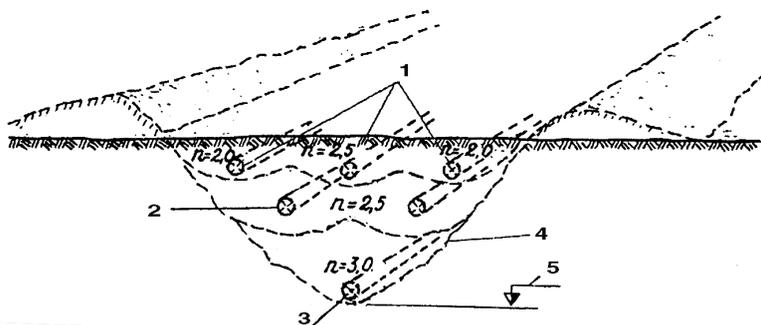


Рис. 6.6. Схема размещения зарядов при устройстве канала для сброса воды:

1 – заряды ВВ первой очереди; 2 – заряды ВВ второй очереди;
3 – заряды ВВ третьей очереди; 4 – граница канала; 5 – расчетная отметка

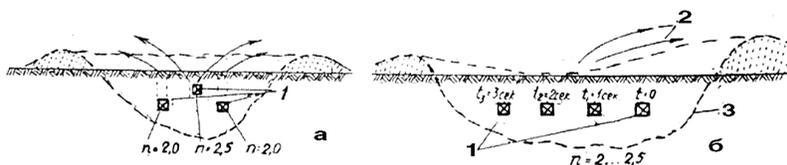


Рис. 6.7. Схема размещения зарядов при устройстве котлованов направленным выбросом грунта:

а – при одновременном взрывании зарядов; б – при разновременном взрывании зарядов (1 – заряды; 2 – направление выброса породы; 3 – контур котлована)

Взрыв зарядов при устройстве зоны разрушения льда производится огневым или электрическим способом.

При этом показатель действия взрыва, с целью уменьшения разлета осколков льда, принимается в пределах 0,6–0,8.

Проводка судов через сплошные льды или ледовые поля осуществляется по каналам, устраиваемым взрывом подледных сосредоточенных зарядов. Ширина каналов для проводки судов должна быть не менее двух ширин судна. При подвижных льдах для проводки судна устраиваются зоны битого льда на направлении движения корабля.

Масса подледных зарядов рассчитывается по формулам 5.6–5.9; 5.33, при $n = 2,0 - 2,8$; $K_{\text{рассч}} = K_{\text{льда}} = 0,4 - 0,5$; $K_{\text{воды}} = 0,035 - 0,04$. Расстояния между зарядами и рядами зарядов принимается равным двум радиусам воронки выброса. Взрыв зарядов производится одновременно, суда должны быть отведены на безопасные расстояния.

Если отвод судна на безопасное расстояние исключен, то каналы и зоны разрушения устраиваются взрывом зарядов, размещаемых в толще льда. Заряды взрываются по одному.

6.2. Взрывные работы при паводках и наводнениях

При наводнениях паводкового или ливневого происхождения взрывные работы применяются для устройства и наращивания высоты защитных дамб и устройства каналов, рвов, выемок для сброса или отвода воды из затопленных районов.

Решение на производство взрывных работ при наводнениях принимается на основе данных разведки и сведений, поступающих от гидрометеослужбы. Решением определяются задачи, время их выполнения и состав сил и средств, привлекаемых к подготовке и производству взрывных работ.

Команды для производства взрывных работ формируются из условия проведения взрывных работ по возведению защитных сооружений в короткие сроки и, по возможности, их перемещения из одного района в другой в условиях затопления местности. На оснащении команд должна быть землеройная, щеленарезная и амфибийная техника.

Устройство или наращивание высоты защитных дамб производится направленным выбросом грунта взрывом внутренних сосредоточенных или удлинённых зарядов, взрывааемых одновременно или разновременно.

Удлиненные заряды (ряды сосредоточенных зарядов) размещаются параллельно друг к другу на нормальных расстояниях a_n :

$$a_n = W \sqrt{\frac{n^2 + 1}{2}}, \text{ м}, \quad (6.2)$$

где: W – глубина заложения заряда;
 n – показатель действия взрыва.

Первый заряд (ряд зарядов) размещается на удалении $(1-1,5) r_b$ от границы подошвы дамбы.

Необходимое количество зарядов (рядов зарядов) N_3 ориентировочно может быть определено:

$$N_3 = \frac{3 \cdot n \cdot H}{a_n}, \quad (6.3)$$

где: H – требуемая высота дамбы, в метрах.

Если количество рядов зарядов превышает 3–4, то увеличивается глубина заложения зарядов W . При одновременном взрыве зарядов для определения их количества в формуле (6.3), $n = 2,4$.

Удлиненные заряды для устройства дамб закладываются в траншеи (щели), отрывааемые траншейными (щеленарезными) машинами или экскаваторами, а сосредоточенные – в шурфы или колодцы. Шурфы образуются диаметром 400–500 мм бурильными машинами, а колодцы – экскаваторами. Устройство (наращивание) дамбы начинается до затопления участка местности водой с разметки мест заложения зарядов и отрывки траншей или колодцев. Засыпка зарядов должна производиться бульдозером. После взрыва зарядов защитная дамба уплотняется и наращивается грунтом из котлована бульдозерами или экскаваторами. Взрыв зарядов производится только бескапсюльным способом.

Каналы для сброса воды с затопленных участков местности делают как в ходе наводнения, так и после него.

Глубина канала определяется по профилю преграды, который вычерчивается по данным крупномасштабной карты или плана местности. За отметку дна канала принимается наиболее низкая отметка, до которой необходимо сбросить воду с затопленной местности.

Каналы глубиной до двух метров устраиваются взрывом одного удлиненного заряда или одного ряда сосредоточенных зарядов. Каналы большей глубины образуются последовательным взрыванием зарядов (последовательной проходкой). При первой проходке взрывается количество зарядов (рядов зарядов), равное количеству проходок (рис. 6.6). В каждой последующей проходке количество зарядов уменьшается по сравнению с предыдущей на один.

Дно канала после каждого взрыва выравнивается с целью создания условия для выделки зарядных устройств (траншей, колодцев) для последующего взрыва.

Масса удлиненных или сосредоточенных зарядов определяется при показателе действия взрыва $n = 2,5-3,0$. При последовательной проходке канала заряды первой серии рассчитываются при $n = 2,0-2,5$, а для каждой последующей серии показатель действия взрыва увеличивается на 0,5.

Заряды для устройства канала должны взрываться бескапсюльным способом с помощью сети из ДШ или с помощью соединительных зарядов.

Перемещение грунтов и скальных пород производится взрывом внутренних зарядов на выброс. При производстве ВР в условиях ЧС, как правило, применяется направленный выброс грунта (пород).

Направленность выброса грунта достигается:

- разновременным взрыванием зарядов, рассчитанных при одинаковом показателе действия взрыва (n);
- одновременным взрыванием зарядов, рассчитанных при разных значениях показателя действия взрыва.

Наименьший показатель действия взрыва при направленном перемещении пород принимается: для удлиненных зарядов – $n = 1,8$; для сосредоточенных зарядов – $n = 2,0$. С увеличением дальности перемещения пород показатель действия взрыва увеличивается.

Разновременное взрывание зарядов с замедлением (1–3 с) применяется на местности с уклоном в сторону метания более 15° .

При отрывке котлованов с выбросом породы в обе стороны производится одновременное взрывание нечетного количества зарядов (рядов зарядов). Ближайшие к направлению выброса породы заряды рассчитываются при наименьшем показателе

действия взрыва, а каждый последующий заряд рассчитывается с n на 0,5 больше по сравнению с предыдущим. Средний заряд (рис. 6.7) имеет наибольший показатель действия взрыва.

При одновременном взрывании зарядов ближайший к направлению выброса заряд взрывается мгновенно, а каждый последующий с замедлением в 1–2 с по сравнению с предыдущим.

При планировании устройства защитных дамб и плотин (рис. 6.8, 6.9) прежде всего определяется объем грунта, который должен быть уложен в дамбу, плотину ($V_{пл}$). Найденный объем грунта является основой для расчета массы и глубины заложения заряда (зарядов) и их количества, при этом должно соблюдаться равенство количества требующегося объема грунта ($V_{пл}$) и выбрасываемого ($V_{выбр}$).

$$V_{пл} = a \cdot V_{выбр}, \quad (6.4)$$

где: a – численный коэффициент, учитывающий неполноту выброса грунта в избранном направлении ($0,65 < a < 0,85$).

При устройстве плотин заряды закладываются на разную глубину (рис. 6.9) в один или более ярусов. Заряды, заложенные более глубоко, взрывают с замедлением в 2–3 с, заряды верхнего яруса рассчитываются с показателем действия взрыва на 0,5–0,6 больше, чем заряды нижнего яруса.

При возведении плотин должны проводиться расчеты специально для каждого случая.

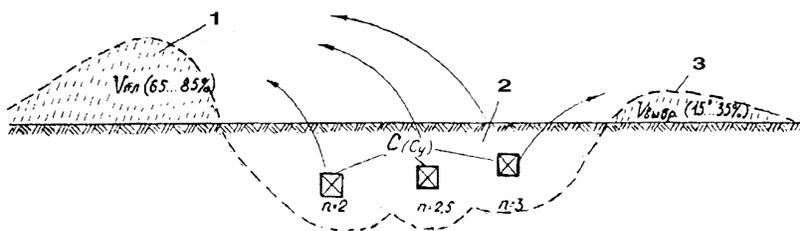


Рис. 6.8. Схема размещения зарядов при устройстве дамбы направленным выбросом грунта:

1 – дамба; 2 – ров; 3 – грунт, выброшенный в противоположную от дамбы сторону (на горизонтальном участке местности выбрасывается до 30–35%; на местности, имеющей уклон в сторону дамбы – не менее 30%)

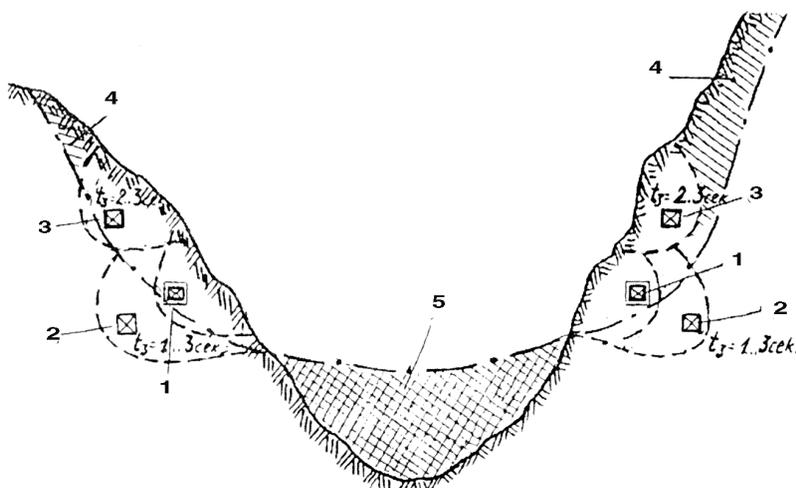


Рис. 6.9. Схема размещения зарядов при устройстве плотины направленным выбросом грунта:

- 1 – заряды ВВ первой очереди ($t = 0$) нижнего яруса;
- 2 – заряды ВВ второй очереди ($t = 1 \dots 3$ с) нижнего яруса;
- 3 – заряды ВВ верхнего яруса, 4 – призма обрушения; 5 – плотина

В состав команды для устройства дамб и рвов должны включаться: взрывник с четырьмя-пятью помощниками, вездеходное транспортное средство, один-два бульдозера, один-два одноковшовых экскаватора. Кроме того, в состав команды может входить траншейная или бурильная машина.

Лесосплавные взрывные работы применяются для ликвидации заторов при молевом сплаве (в весенне-летний период) и выколки вмерзшей древесины (в осенне-зимний период).

Работы по ликвидации заторов леса следует производить, как правило, не выходя из лодки или не сходя с плота, которые подводятся против течения к нижней части затора. Заряды опускают в воду и прочно прикрепляют к древесине.

При больших скоростях течения воды и заложении зарядов недалеко от головы затора заряды опускают в воду на шестах. Заряд привязывают к шесту с таким расчетом, чтобы заостренный его конец можно было воткнуть в грунт (при небольшой глубине воды – до 3,0–4,0 м). При этом огнепроводный шнур привязывают к шесту и выводят наверх.

Во избежание повреждений древесины заряды опускают на возможно большую глубину. Рекомендуется соблюдать следующие примерные расстояния от места заложения заряда до древесины:

Масса заряда, кг	1	2	4	6	8	10
Безопасное расстояние, м	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6

Нельзя применять заряды в металлических оболочках, так как осколки металла, вкрапленные в древесину под действием взрыва, затрудняют в последующем ее распиловку и портят пилы.

Заторы леса, получившиеся в результате образования внутриводного льда, разрешается взрывать наружными зарядами, располагаяемыми сверху древесины, а еще лучше опущенными в проемы между бревнами внутри затора.

При невозможности использовать лодку или плот заряды опускают прямо с берега. Так же как и при ликвидации заторов льда, заряды следует закладывать в “замок”, местонахождение которого определяют по выброшенным наружу бревнам.

Способ взрывания зарядов выбирают в зависимости от обстановки (устойчивости, размеров затора и пр.). Обычно применяют огневой способ, так как электровзрывная сеть (детонирующий шнур) в результате подвижки бревен в заторе часто разрывается. Масса зарядов может быть 10,0–20,0 кг и более.

6.3. Применение взрывных работ для борьбы с селями

При селевых явлениях в первую очередь проводятся взрывные работы для снижения мощности потока, защиты важных объектов от разрушения, а при благоприятном рельефе местности для остановки селевого потока или изменения направления его движения. Взрывные работы первой очереди подготавливаются при угрозе чрезвычайной ситуации, а производятся с началом движения селевого потока.

Решение на применение взрывных работ принимается комиссией по ликвидации ЧС и служит основой для разработки технической и технологической документации на планирование, подготовку и производство взрывных работ и постановку задачи исполнителям, привлекаемым к выполнению противоселевых мероприятий.

Для разработки предложений на применение взрывных работ с появлением угрозы возникновения селя распоряжением противоселевой комиссии или ответственных лиц МЧС России проводится рекогносцировка селеопасного района, фотографирование местности на предполагаемой трассе движения селя и анализ обобщенных данных противоселевой службы по данному району.

Рекогносцировкой и анализом данных устанавливается:

- характер местности в селеопасном районе и водотока в нем;
- породы на склонах долины водотока и в селеобразующих очагах;

- местоположение и размеры селеобразующих очагов;
- возможный характер и мощность селевого потока;
- участки местности на пути движения селя, благоприятные для возведения противоселевых сооружений;
- вид противоселевых сооружений и возможности по остановке селя или изменения направления его движения;
- доступность местности в районе для движения техники;
- места, удобные для размещения постов наблюдения;
- прогнозируемое время схода селя.

В состав рекогносцировочных групп, помимо представителей МЧС России (комиссии), должны обязательно включаться представители противоселевой службы, а при необходимости и представители научно-исследовательских противоселевых организаций.

Решения на применение взрывных работ для борьбы с селем должны включать:

- цели и задачи применения взрывных работ, время на выполнение подготовительных мероприятий;
- виды устраиваемых противоселевых сооружений;
- способы устройства защитных сооружений;
- очередность исполнения взрывных работ;
- состав сил МЧС России и других организаций, привлекаемых к подготовке и производству взрывных работ;
- мероприятия по контролю за развитием чрезвычайной ситуации.

Техническая документация разрабатывается на каждое сооружение, устраиваемое взрывным способом. Характер технической документации определяется сложностью возводимых сооружений. На плотины, мощные защитные дамбы, каналы для изменения направления движения селя разрабатываются проекты взрывных работ; на менее важные сооружения – технические решения или паспорт взрыва.

При подготовке к противодействию селевому потоку устраиваются зарядные устройства (траншеи, колодцы, галереи и т.д.) и прокладываются электрические сети, изготавливаются заряды и заготавливается забивочный материал.

С нарастанием опасности селя по указанию противоселевой комиссии устанавливаются заряды и оборудуются места инициирования; производится ограждение и устанавливается охрана района производства взрывных работ; организуется круглосуточное дежурство на минных станциях и устанавливается связь между постами наблюдения, минными станциями, руководителями взрывных работ и правительственной комиссией.

Производство взрывов для устройства сооружений осуществляется по решению правительственной комиссии (ответственно-

го лица МЧС России), а перед подходом селевого потока выполняется руководителем взрывных работ.

После схода селя организуется рекогносцировка населенных пунктов, предприятий и коммуникаций на трассе его движения с целью уточнения ситуации, определения размеров бедствия и мер по ее ликвидации. В ходе рекогносцировки производится фотографирование местности в населенных пунктах и в районах хозяйственной деятельности. Для объективной оценки ситуации одновременно должны действовать воздушные и наземные рекогносцировочные группы.

В решении на ликвидацию последствий селя определяются:

- виды взрывных работ и очередность их выполнения;
- силы и средства, привлекаемые к производству и обеспечению взрывных работ;
- меры по организации спасательных работ.

В широких долинах (более 50–60 м) котлованы устраиваются поперек водотока с выбросом грунта в сторону уклона (рис. 6.10). Котлованы должны перекрывать всю долину водотока. Расстояния между котлованами должны быть в пределах 100–200 м. Поперечные котлованы следует устраивать разновременным взрывом нескольких удлиненных зарядов или нескольких рядов сосредоточенных зарядов. Глубина заложения зарядов должна быть не менее 2,0–2,5 м.

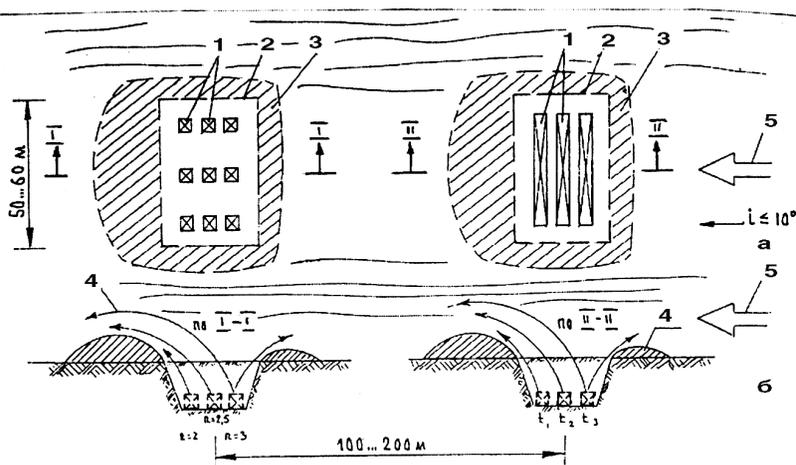


Рис. 6.10. Схема установки зарядов при устройстве котлованов поперек широкой долины на пути движения селя:

1 – заряд ВВ; 2 – контуры котлована; 3 – граница выброса породы взрывом; 4 – направление выброса породы; 5 – направление движения селевого потока; n – показатель действия взрыва.

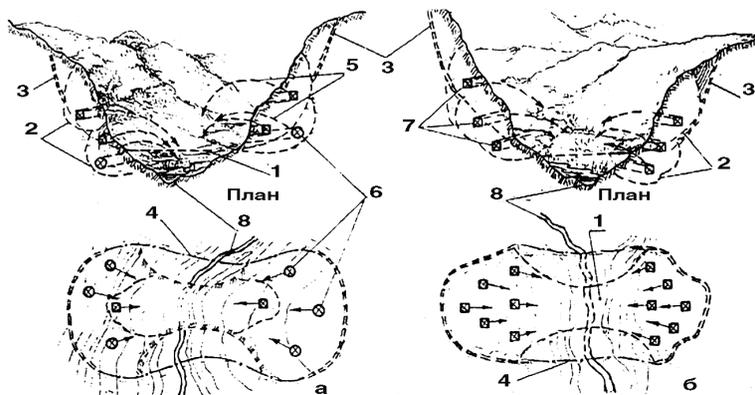


Рис. 6.11. Схема размещения зарядов при устройстве плотин направленным выбросом грунта:

а – при разновременном взрывании зарядов; б – при одновременном взрывании зарядов (1 – возводимые плотины; 2 – контур воронки выброса; 3 – контур призмы обрушения, 4 – контур подошвы плотины; 5 – направление выброса грунта; 6 – заряды, взрывающиеся с замедлением; 7 – заряды, взрывающиеся без замедления; 8 – водосток).

Взрывание зарядов при устройстве котлованов должно производиться бескапсюльным способом с помощью сети из ДШ или соединительных зарядов. Взрывные сети должны прокладываться в грунте на глубине не менее 20 см.

Продольные котлованы делаются, как правило, в узких долинах взрывом удлиненных (рядов сосредоточенных) зарядов с выбросом породы на склоны долины. Взрыв зарядов производится одновременно.

По ширине котлован должен перекрывать всю долину водотока, в длину иметь 100–150 м.

Плотины для снижения скорости селевого потока или его остановки устраиваются направленным взрывом в местах, где долина водотока резко сужается, а выше сужения расположена ее широкая часть. По трассе селя может быть подготовлено несколько плотин.

Выброс грунта из склонов долины производится одновременным или разновременным взрыванием сосредоточенных зарядов, размещаемых в галереях сечением не менее 0,8х1,5 м.

При разновременном взрывании заряды (рис. 6.11а) располагаются на разной глубине в один или несколько ярусов. Заряды верхних ярусов рассчитываются при показателе действия взрыва на 0,5–0,6 м больше, чем заряды нижележащего яруса. При разновременном взрывании зарядов плотина имеет небольшую ширину и достаточно узкий гребень.

При одновременном взрывании заряды располагаются в два-три яруса по высоте и на одинаковой глубине в каждом ярусе (рис. 6.11б). При одновременном взрывании зарядов ширина плотин по гребню будет определяться протяженностью участка, из которого грунт укладывается в плотину. Размеры плотины (высота, ширина) определяются массой выброшенного грунта и величиной призмы обрушения, которая может составить 10–20% общего количества грунта, уложенного в тело плотины.

Подготовка к устройству плотины начинается с определения благоприятных створов на трассе движения селя, ее проектирования и подготовки зарядных устройств.

После разбивки зарядных устройств (галерей) на местности производится их выделка, подвоз взрывных материалов и изготовление зарядов. Проходка галерей в грунтах до IV категории делается командами проходчиков вручную, с обязательным креплением выработки рамами из пластин (брусьев) или прочной рамно-дощатой оболочкой.

Проходка галерей в породах выше IV категории производится взрывным способом, для чего в состав сил по их проходке включаются команды для бурения шпуров с необходимой техникой, команды взрывников и команды по очистке забоя.

Укладка зарядов в галереях и их забивка производится командой взрывников в составе взрывника и нескольких его помощников. Количество помощников взрывника определяется массой заряда, способом его доставки, глубиной заложения и временем, отведенным для заряжания.

Взрывание зарядов в галереях осуществляется: при одновременном взрыве – электрическим способом с обязательным дублированием электровзрывных сетей; при разновременном взрывании применяются короткозамедленные электродетонаторы.

Сепарирующие площадки устраиваются в местах, где склоны долины сложены из крупнообломочных пород и предназначены для уменьшения уклона водотока до нуля или образования обратного уклона. При этом низовая часть площадки (рис. 6.12) должна иметь уклон в пределах 10–15°.

При устройстве площадки максимальное количество породы в долину выбрасывается в зоне перелома уклонов, вверх и вниз по водотоку выброс грунта (следовательно, и масса зарядов) уменьшается. Расстояния между зарядами выброса принимается не менее двух радиусов воронки выброса с таким расчетом, чтобы площадка имела не ровный, а волнистый профиль для сбора твердой фракции селевого потока.

Заряды для образования площадок закладываются на обоих склонах водотока.

Для расчета массы зарядов выброса избранного участка водотока строится его продольный профиль и на него наносится профиль площадки. По построенным профилям определяется объем породы, который необходимо уложить в площадку и который должен быть равен объему воронки выброса. Масса заряда в зависимости от дальности перемещения грунта рассчитывается при показателе действия взрыва $n = 2,5-4,0$.

Устройство зарядных камер, закладка и взрывание зарядов производится так же, как и в случае устройства плотин. Заряды для создания площадок, как правило, размещаются в один ярус по высоте и взрываются одновременно с помощью соединительных зарядов.

Отвод селевого потока в безопасном направлении производится в случаях, когда один из склонов долины водотока имеет понижение до уровня, близкого к отметке водотока, и когда на новом направлении сель не принесет ущерба населению и объектам народного хозяйства. Обычно такие участки селеопасного района известны противоселевой службе.

Для изменения направления движения селя на трассе его движения направленным выбросом грунта в долине устраивается плотина, а в низком склоне водотока – канал, способный вместить в себя большую часть селевого потока. Размеры канала рассчитываются на основе прогноза мощности селевого потока. В зависимости от требуемой глубины канал образуется однократным или последовательным взрыванием удлиненных (сосредоточенных) зарядов. Однако при устройстве каналов для изменения направления движения селя большая часть породы выбрасывается в низовую сторону.

Расчистка подходов к сооружениям и дорог производится командами, в состав которых должны входить взрывники и землеройная техника (бульдозеры, экскаваторы и т.п.). Расчистка (сброс) селевого потока осуществляется безопасным и по массе зарядами послойно.

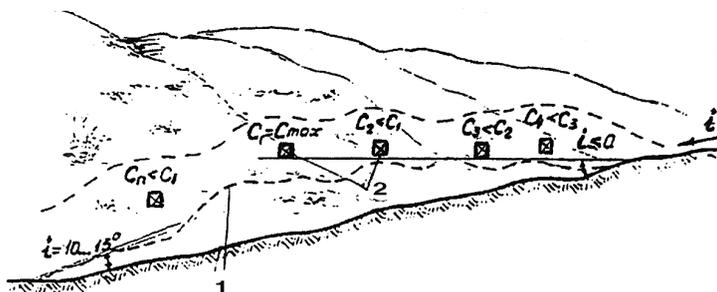


Рис. 6.12. Схема установки зарядов при устройстве сепарирующей площадки:

1 – насыпь; 2 – заряды выброса; i – величина уклона водотока

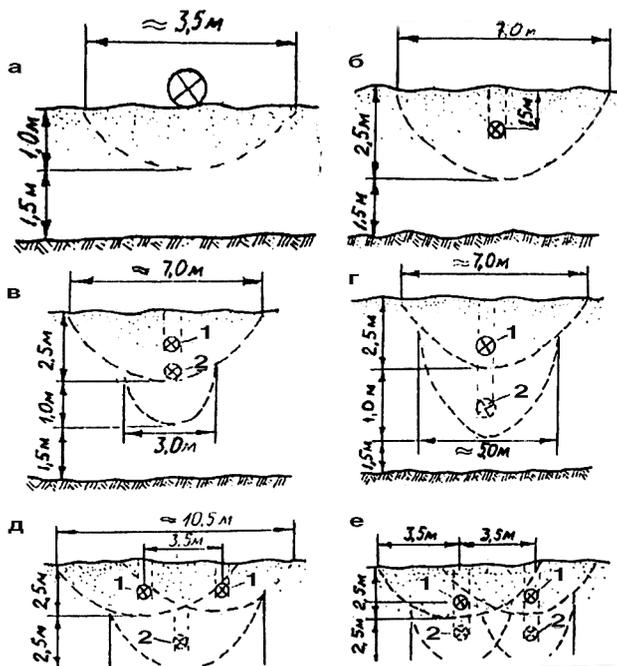


Рис. 6.13. Схема установки зарядов на снежных завалах в зависимости от их высоты:

а – при 2,5 м; б – до 4,0 м; в – до 5,0 м; д, е – до 6,5 м
(1 – заряды ВВ первой очереди; 2 – заряды ВВ второй очереди)

При расчистке селевых отложений, находящихся в пластичном состоянии, применяются удлиненные заряды, изготовляемые из тротильных шашек, пластичного ВВ, закрепляемых на основании из досок или брусков. Расстояние от покрытия дороги, элементов конструкций и других объектов, повреждение которых недопустимо, должно быть не менее 0,6 м. Взрывание зарядов должно производиться бескапсюльным способом.

При расчистке селевых отложений, перешедших в твердое состояние, применяются безопасные по массе, сосредоточенные или удлиненные заряды. В стесненных условиях сброс селевого отложения производится послойно. За каждый взрыв убирается не более 0,8–1,2 м селевых отложений.

Заряды для расчистки селевых наносов, при отсутствии вблизи объектов, которые могут быть повреждены ударной волной, рассчитываются при показателе действия взрыва $n = 2,5-3,5$, а при наличии таких объектов при $n = 1,5-2,5$.

Расчистку дорог целесообразно производить взрывом нескольких удлиненных (рядов сосредоточенных) зарядов, распола-

гаемых вдоль расчищаемого участка на расстояниях, равных нормальному. Слой селевого наноса толщиной 0,4–0,6 м, в целях исключения повреждения дороги, должен убираться с дороги дорожной или землеройной техникой.

Регулируемый сброс воды из стихийно образовавшихся водохранилищ с целью предотвращения прорывного селя производится устройствами в плотине (теле ледника) прорана (канала) заданных размеров взрывом зарядов.

К разработке технической документации на регулируемый сброс воды должны привлекаться специалисты-гидротехники. При расчете сброса воды должны быть определены:

- размеры канала и последовательность его углубления;
- общее количество серий взрывов, которое потребуется для сброса воды с учетом размыва тела плотины (ледника).

В зависимости от общего количества последовательных углублений определяется наиболее низкая точка размещения зарядов и размеры канала на гребне плотины с учетом угла естественного откоса грунта, слагающего плотину.

При значительном превышении гребня плотины над уровнем воды в водохранилище сброс грунта с верхней части плотины производится на ее стороны. После того, как гребень плотины будет понижен до уровня воды, пробивается канал взрывом одного или нескольких удлиненных (рядов сосредоточенных) зарядов.

При значительной высоте плотины одновременно с устройством канала производится сброс грунта плотины на участке, который обеспечивает дальнейшее углубление канала. Грунт плотины сбрасывается одновременным взрывом удлиненных (рядов сосредоточенных) зарядов, рассчитанных при разных показателях действия взрыва.

Дамбы для защиты сооружений устраиваются направленным выбросом грунта в одну сторону. Одновременно образуется котлован, способный поглощать часть селевого потока. Для устройства дамбы несколько удлиненных (рядов сосредоточенных) зарядов рассчитываются при разных показателях действия взрыва и взрываются одновременно. Ближайшие к подошве дамбы заряды рассчитываются при показателе действия взрыва заряда $n = 2,0–2,5$, а у каждого последующего заряда показатель действия увеличивается на 0,5.

Удлиненные заряды размещаются в траншеях, а сосредоточенные – в колодцах (скважинах). Взрыв зарядов должен производиться бескапсюльным способом с помощью ДШ или соединительных зарядов. При наличии времени дамбы должны наращиваться с помощью землеройной техники или повторным взрывом, а также уплотняться. Низовая часть дамбы должна быть расположена так,

чтобы не стеснять движение селевого потока. При необходимости в низовой части защитной дамбы устраивается канал.

Русло водотока восстанавливают в случаях, когда при сходе селевого потока оно размыто или заилено, и вода изливается в районы хозяйственной деятельности человека. Для восстановления русла водотока по его трассе в селевую массу укладывается удлиненный заряд так, чтобы его верхний конец обязательно находился в разливающейся воде. Если после взрыва заряда размыв селевой массы происходит медленно и водоток не восстанавливается, то производится повторный взрыв удлиненного заряда.

6.4. Применение взрывных работ для расчистки снежных завалов

При расчистке снежных завалов в качестве зарядов ВВ целесообразно использовать стандартные удлиненные заряды и удлиненные заряды, изготавливаемые на месте, с погонной массой 3–4 кг/м. Для дорасчистки завала, пониженного до высоты 1,6 м и менее, используются шнеко-роторные или фрезерно-роторные снегоочистители, характеристики которых приведены в табл. 6.2.

Способ устройства проходов зависит от высоты завала (рис. 6.13) и включает следующие операции: устройство траншеи или траншей по оси проделываемого прохода для укладки удлиненных зарядов; сборку, установку, забивку и взрыв заряда; при необходимости, повторную отрывку траншей, установку, забивку и взрыв зарядов; дорасчистку завала пониженного до высоты менее 1,6 м с помощью шнеко- или фрезерно-роторного снегоочистителя.

Таблица 6.2

Тип рабочего органа	Марка машины	Базовая машина	Производительность, т/ч	Дальность отбрасывания снега, м	Допустимая толщина снега, м	Ширина расчищаемой полосы, м
Фрезерно-роторный	ДЗ-227	К-701	1200	20-25	1,8	3,24
Шнеко-роторный	ДЗ-211	Урал-375е	1200	до 65	1,5	2,81
	ДЗ-210А	ЗИЛ-131	950	до 24	1,3	2,56
	ДЗ-226	Урал-432о	1500	до 30	1,6	2,81

При высоте завалов до 2,5–3,0 м траншея не устраивается, а УЗ укладывается на поверхность завала по оси проделываемого прохода.

В зависимости от объема завала траншеи глубиной до 1,5 м отрывают силами отделения вручную с темпом 30 м/ч; с использованием термобуров – с темпом 60 м/ч, при этом термобуры подключаются к двигателю снегоочистителей машины. Сборку удли-

ненных зарядов целесообразно осуществлять одновременно с отрывкой траншеи.

Темп проделывания прохода в зависимости от его высоты и способа устройства траншей колеблется в пределах 23–46 м/ч.

При получении задачи на проделывание проходов в снежных завалах проводится прогнозирование характера и размеров завала и, при возможности, разведка местности. По прибытию в лавиноопасный район необходимо оценить лавинную обстановку, уточнить способ выполнения задачи, возможное время начала работ, место склада ВМ, пути маневра, места укрытия персонала и меры безопасности.

С целью определения степени заграждения дорог лавинами и оценки лавиноопасности района целесообразно проведение воздушной разведки с использованием вертолета, оснащенного табельным комплектом воздушной разведки. С вертолета может быть также произведен детальный осмотр отдельных лавиносбросов, лавинных завалов, различных сооружений. В отдельных случаях для осмотра и проведения необходимых измерений на труднодоступных участках может быть осуществлена высадка подразделения, ведущего разведку с посадкой вертолета вблизи участков выполнения задачи.

При невозможности организации воздушной разведки прогноз вероятной высоты завалов (h_3) и степени перекрытия ими дорог (K_n) в зависимости от места расположения ее на склоне проводится по п. 1.3.

По полученным данным производится оценка лавинной опасности. Во всех случаях необходимо исключить проведение работ при отсутствии видимости и в условиях, способствующих повторному сходу лавин.

При определении маршрута подразделений к месту выполнения задачи и возможных маршрутов передвижения в самом районе работ следует обходить известные опасные склоны или пересекать их как можно дальше от места возможного выхода лавины. Следует отдавать предпочтение маршрутам, защищенным лесом или другими естественными преградами, по наветренным, северным склонам. Более безопасно выдвигание и проведение работ в ранние утренние часы, перед восходом солнца. Маршруты движения должны быть обозначены вехами. При выдвигании в район работ и в ходе их выполнения необходимо постоянно следить за изменением погоды и в соответствии с этим уточнять решение. Лавиноопасные участки на маршруте должны быть обозначены предупреждающими знаками. Интервал между выдвигающимися к месту работ машинами должен быть 100–200 м. Запрещается остановка машин под лавиноопасными склонами.

6.5. Производство взрывных работ при авариях на предприятиях нефтяной, газовой и химической промышленности

При авариях на предприятиях нефтяной, газовой и химической промышленности, как правило, происходит выброс токсичных жидкостей или газов.

Выбросы вредных веществ могут быть усилены или спровоцированы взрывами, поэтому перед взрывными работами место аварии должно быть обследовано и определены места, где взрывы можно производить только после принятия соответствующих мер. Также принимаются меры по предотвращению разлета осколков в сторону технологического оборудования, для чего производится забойка зарядов и защита технологического оборудования от осколков досками толщиной 20–25 мм, стальными листами толщиной 3–4 мм или мешками с песком.

Весь личный состав, привлекаемый к взрывным работам, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты.

Взрывные работы при ликвидации аварий производятся для решения следующих задач:

- расчленение элементов конструкций при разборке сооружений и ликвидации завалов;
- расчленение элементов и узлов технологических линий;
- обрушение и разделка железобетонных или металлических сооружений и их элементов, находящихся в аварийном состоянии;
- обрушение (валка) зданий и сооружений, находящихся в угрожающем состоянии;
- устройство котлованов, дамб и траншей для сбора и отвода жидких веществ.

Для проделывания проходов в завалах и разборки обрушившихся сооружений стальные и железобетонные элементы сооружений перебиваются взрывом контактных или кумулятивных зарядов и расчленяются на транспортабельные фрагменты. Расчленение элементов конструкций может производиться послойно.

Заряды надежно крепятся по всей ширине перебиваемого элемента досками, шпагатом или тканью, а при необходимости забиваются мешками с грунтом.

Количество и суммарная масса одновременно взрывааемых зарядов определяется условиями безопасности по ударной волне, сейсмическому эффекту и разлету осколков. Для расчленения металлоконструкций целесообразно применение кумулятивных зарядов.

6.6. Производство взрывных работ при авариях на атомных и тепловых электростанциях

По уровню радиоактивного облучения и характеру производства взрывных работ район аварии на АЭС разбивается на три зоны:

- зона 1 – внутренние объемы помещений здания АЭС;
- зона 2 – наружные поверхности ограждающих конструкций (стены, покрытия и др.) и техническая территория АЭС;
- зона 3 – местность и объекты (здания, сооружения) за пределами технической территории.

В зоне 1 взрывом устраиваются отверстия, бреши, проемы в стенах, перекрытиях и других конструкциях из кирпичных, бетонных, железобетонных и стальных материалов, производится расчленение обрушившихся элементов конструкций на фрагменты, разрушение различных технологических трубопроводов, проходящих через преграды в запреградном пространстве.

Отверстия, бреши, проемы в стенах (преградах) толщиной до 1,0 м устраиваются взрывом контактных сосредоточенных, удлиненных, фигурных зарядов фугасного и кумулятивного действия. При толщине преграды более 3,0 м и низких уровнях радиации отверстия, бреши, проемы образуются взрывом зарядов, закладываемых в шпур, рукава или ниши.

Для удобства переноски, размещения и крепления на разрушаемой конструкции удлиненные и фигурные заряды изготавливаются из тротильных шашек, других ВВ или стандартных зарядов (КЗУ-2, СЗ-1Э, СЗ-4 п и др.) на каркасах из легких материалов. Размеры каркаса заряда или его элементов определяются размерами бреши, массой заряда и препятствиями на маршруте подноски. Контактные фугасные заряды должны плотно прилегать к перебиваемому элементу, а кумулятивные находиться на фокусном расстоянии от него.

Расчленение обрушившихся конструкций из бетона производится взрывом контактных удлиненных зарядов, а из железобетона и стали – взрывом удлиненных кумулятивных зарядов войскового или промышленного изготовления.

Разрушение участков технологических трубопроводов различного диаметра и конфигурации, проходящих через преграды, в запреградном пространстве производится специальными кумулятивными зарядами с целью подачи в запреградное пространство (помещение) инертных охлаждающих и иных веществ (рис. 6.14, 6.15, 6.16, 6.17). Заряды изготавливаются на месте производства взрывных работ с учетом размеров разрушаемых трубопроводов. Длина заряда принимается равной длине разрушаемого участка трубопровода.

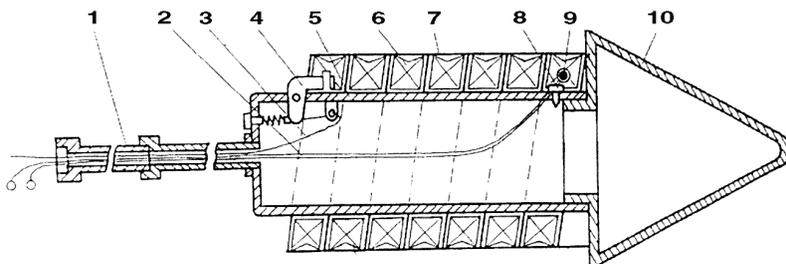


Рис. 6.14. Заряд для перебивания труб:

- 1 – толкающая штанга; 2 – электровзрывная сеть; 3 – тяга; 4 – стопор;
 5 – барабан; 6 – заряд ВВ; 7 – полиэтиленовая пленка; 8 – винт;
 9 – гнездо под ЭДГ-р; 10 – конус

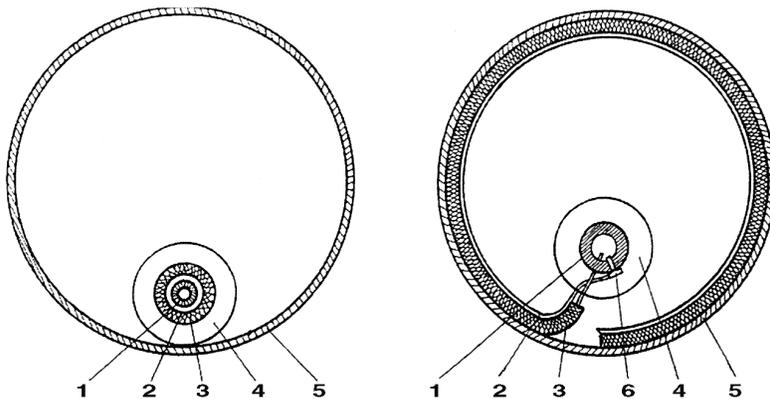


Рис. 6.15. Применение заряда для перебивания труб:

- 1 – барабан; 2 – пластинчатая пружина; 3 – заряд ВВ; 4 – направляющий конус;
 5 – труба; 6 – стопор

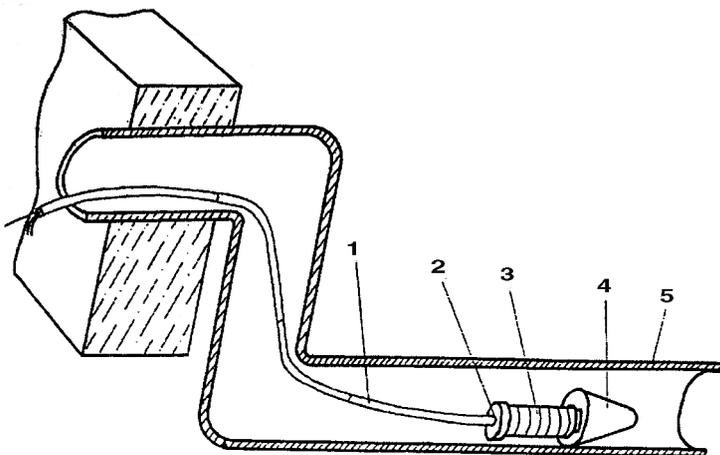


Рис. 6.16. Устройство для подачи заряда при перебивании труб:

- 1 – штанга-толкатель; 2 – толкатель; 3 – пластинчатая пружина;
4 – направляющий конус; 5 – труба

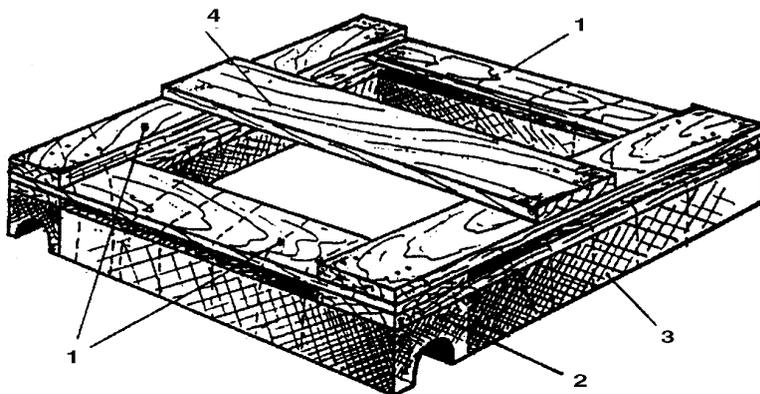


Рис. 6.17. Рамочныйкумулятивный заряд:

- 1 – продольный и поперечный элементы каркаса;
2 –кумулятивный заряд ВВ; 3 – шпагат (проволока);
4 – поперечина для захвата манипулятором ИМР-2

В зоне 2 взрывом производится разрушение (валка) и расчленение на фрагменты конструкций (мачты, опоры ЛЭП и др.), находящихся в аварийном состоянии; разрушение зданий и сооружений, препятствующих выполнению аварийно-восстановительных работ; снятие зараженных участков кровли, освобождение внед-

рившихся в нее кусков тепловыделяющих радиоактивных элементов, разрушение покрытия из бетона; отсечение проводов высоковольтных линий, тоководов и других технологических конструкций; отсечение от конструкций строповых тросов при монтажных и демонтажных работах в местах с высоким уровнем радиации, а также решаются и другие задачи, определяемые характером аварии.

Разрушение зданий и сооружений на технической территории АЭС при высоком уровне радиации внутри производится взрывом контактных зарядов, располагаемых с наружной стороны стен. При низком уровне радиации внутри здания и сооружения они разрушаются взрывом внутренних зарядов, размещаемых в шпурах, рукавах, бороздах.

Разрушение бетонного покрытия и освобождение внедрившихся в кровлю кусков ТВЭлов производится с помощью контактного рамочного кумулятивного заряда из пластичного ВВ (рис. 6.17).

Линейные размеры кумулятивного заряда:

$$L = 2(h + l), \quad (6.5)$$

где: L – длина стороны заряда, м;
 h – толщина бетонного покрытия, м;
 l – линейный размер ТВЭла, м.

При глубоком залегании ТВЭлов применяются последовательные взрывы нескольких рамочных зарядов. Подача заряда к месту взрыва осуществляется с помощью защищенной техники с манипулятором.

Снятие зараженных участков мягкой кровли производится с помощью сборок стандартных удлиненных кумулятивных зарядов КЗУ-2 или удлиненными кумулятивными зарядами, изготавливаемыми из пластичного ВВ с облицовкой кумулятивной выемки стальными уголками (рис. 6.18).

Сборка из нескольких КЗУ-2 крепится специальными зажимами на раме двухколесной тележки и подается к снимаемому участку кровли вручную. Тележка с помощью телескопических штанг-стоек устанавливается под углом 30–45° к поверхности кровли (рис. 6.19).

Взрыв сборки зарядов производится электрическим способом из укрытия. Уборка надрезанных и освобожденных участков кровли осуществляется защищенными машинами с манипуляторами.

Для последовательного разрушения зараженного толстого слоя кровли могут применяться изготавливаемые на месте рамочные кумулятивные заряды.

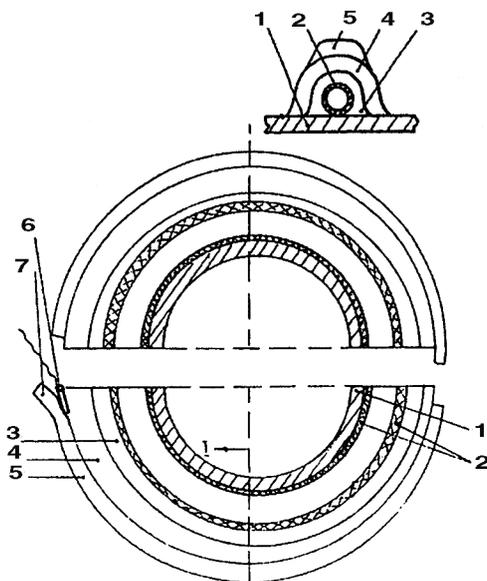


Рис. 6.18. Кумулятивный заряд для перебивания труб:

- 1 – труба; 2 – медная трубка 10...12 мм (для образования кумулятивной полости); 3, 4, 5 – слои заряда СЗ-1Э; 6 – электродетонатор; 7 – приспособление для сочленения двух половин заряда

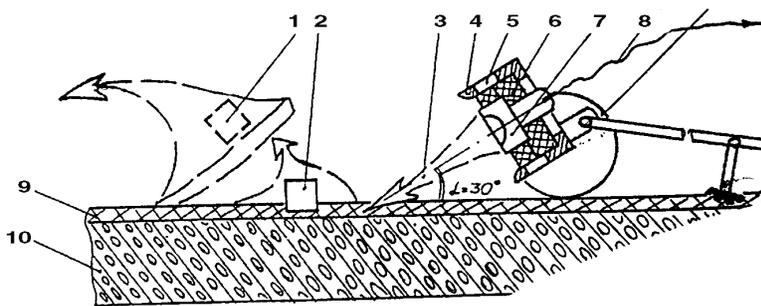


Рис. 6.19. Вариант применения установки для очистки зараженной кровли:

- 1 – стержень графитовый; 2 – кумулятивная струя; 3 – швеллер, 4 – отверстие; 5 – прокладка из пенопласта; 6 – заряд КЗУ-2; 7 – электровзрывная сеть; 8 – колесо; 9 – кровля (битумно-рубероидное покрытие); 10 – плита перекрытия

Отсечение проводов высоковольтных линий тоководов-труб и крановых строповочных тросов в зависимости от их диаметра (толщины) производится кольцевыми кумулятивными зарядами КЗК или фигурными контактными зарядами из пластичного ВВ в мягкой оболочке в предположении, что токовод имеет сплошную конструкцию из однородного материала, при этом удельный расход ВВ принимается по наибольшему значению.

При отсечении строповочных тросов установка кольцевых кумулятивных зарядов на них и прокладка электровзрывной сети производится после закрепления строповочных тросов к конструкциям (деталям) до начала их перемещения крана (рис. 6.20). Электровзрывная сеть жестко крепится к крюку крана и пропускается через кольца (петли), установленные на стреле крана с необходимой слабиной, при которой исключается сильное натяжение или разрыв электровзрывной сети при манипуляциях с грузом.

В зоне 3 за пределами технической территории АЭС взрывные работы могут проводиться с целью разрушения отдельных зданий, пришедших в аварийное состояние в результате аварии, устройства рвов, защитных дамб, перемычек на водотоках и решения других задач.

Масса зарядов Q для перебивания металлических (стальных) элементов конструкций:

$$\begin{aligned} Q &= 20S \text{ – при толщине листов до 2 см;} \\ Q &= 10hS \text{ – при толщине листов более 2 см,} \end{aligned} \quad (6.6)$$

где: h – толщина, см;

S – площадь поперечного сечения перебиваемых элементов, см².

Для пробивания стальных листов толщиной более 2 см удлиненные кумулятивные заряды из пластита (ПВВ-4):

$$Q = 5hS. \quad (6.7)$$

Масса сосредоточенного кумулятивного заряда рассчитывается по формуле:

$$Q = 2,5h^3. \quad (6.8)$$

6.7. Взрывные работы при обрушении зданий и сооружений

Способ разрушения зданий и сооружений определяется особенностями их конструкции, а также степенью разрушения (слабой, средней, сильной и полной). При сильном разрушении зданий могут использоваться взрывы внутренних контактных зарядов, при полном, как правило, накладные и неконтактные заряды.

Внутренние шпуровые заряды (заряды в бороздах, рукавах) применяются для разрушения прочных сооружений при наличии достаточного времени и условий безопасного выполнения работ по бурению шпуров (устройству борозд и т.п.) в элементах конструкции.

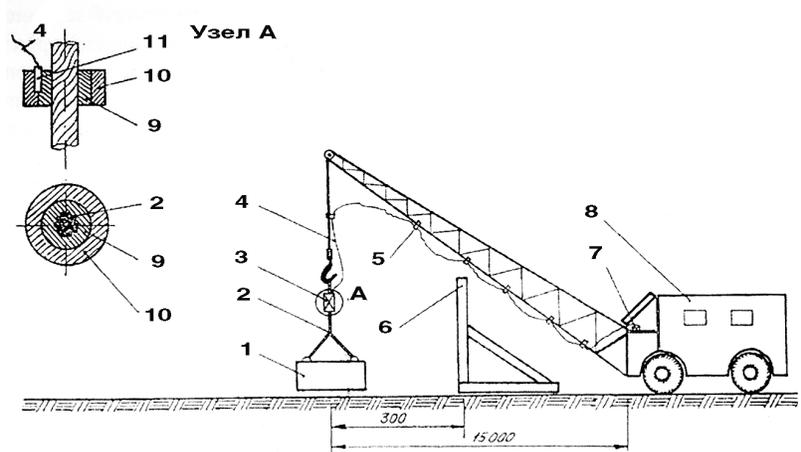


Рис. 6.20. Перебивание строповочных тросов зарядами ВВ:
 1 – груз; 2 – строповочный трос; 3 – заряд СЗ-1Э; 4 – электровзрывная сеть; 5 – элементы крепления; 6 – биологическая защита; 7 – источник питания; 8 – кран; 9, 10 – слой СЗ-1 Э; 11 – электродетонатор

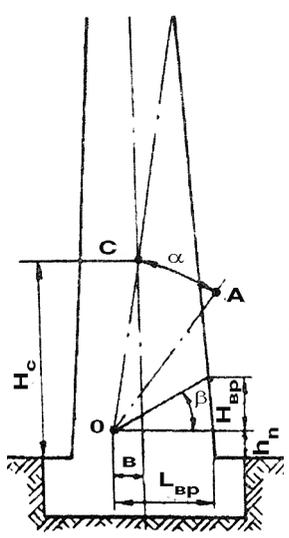


Рис. 6.21. Условие опрокидывания тонкостенного сооружения в заданном направлении:
 $L_{вр}$ – глубина вруба, м;
 H_c – высота центра тяжести сооружения, м;
 h_n – высота горизонтального сечения вруба на уровне условного шарнира, м;
 B – расстояние между осями условного шарнира и сооружения, м;
 β – угол вруба, м;
 α – минимально необходимый угол наклона, м;
 $H_{вр}$ – высота вруба

Накладные заряды применяются при дефиците времени на выделку шпуров (борозд), при этом во всех случаях должна быть обеспечена безопасность людей и сохранность близлежащих строений и коммуникаций (охраняемых объектов).

Здания и сооружения, подвергшиеся полной, а в условиях продолжающегося землетрясения и сильной степени разрушения, как правило, обрушаются на основание. При этом сплошной подбой устраивается взрывом контактных сосредоточенных или удлинённых зарядов, устанавливаемых на всех несущих элементах (колоннах, стенах и др.). Если в одном сечении установка всех зарядов невозможна из-за образовавшихся завалов и разрушений, то допускается установка зарядов на этих элементах в других сечениях, но не более 30–40% от общего их количества.

Специальные взрывные работы ведутся, как правило, в сложных стесненных условиях. Для обеспечения полной сохранности охраняемых объектов необходимо применять безопасную технологию производства буровзрывных работ. Здания и сооружения обрушивают на свое основание или в заданном направлении.

При обрушении зданий и сооружений на свое основание взрывным способом образуют подбой по всему периметру наружных стен и других несущих конструкций. Высота сквозного подбоя должна быть не менее половины толщины стены.

Для образования подбоя шпуровые заряды располагают в два-три ряда в шахматном порядке. Заряд следует размещать так, чтобы его центр совпадал с серединой стены. В этом случае длину шпура $l_{шп}$, мм:

$$l_{шп} = \frac{C + l_{зар}}{2}, \quad (6.9)$$

где: C – толщина стены, м;
 $l_{зар}$ – длина заряда, м.

Расстояние между шпурами в ряду принимают равным (1,0–1,4) W , между рядами зарядов (1,3–1,6) W , крайние шпуры бурят на расстоянии 1,0 W от краев стен или простенков.

Принцип обрушения сооружений в заданном направлении заключается в образовании сквозного подбоя (вруба) в несущих опорах со стороны направления валки при сохранении опоры с противоположной стороны. В результате создания опрокидывающего момента обеспечивается падение сооружения в заданном направлении (рис. 6.21). Более точная направленность обрушения обеспечивается в том случае, когда целик испытывает меньшее напряжение на стойке и ограничен большей по длине хордой AC .

Этому требованию для круглых труб отвечает целик в секторе с центральным углом ρ , равным $135\text{--}140^\circ$ (по периметру $1,2 D$).

Глубину вруба $L_{\text{вр}}$, м (расстояние от оси условного шарнира до края горизонтального сечения вруба):

$$L_{\text{вр}} = \frac{D}{2}(1 + \cos\beta/2), \quad (6.10)$$

где: D – диаметр основания обрушаемой конструкции, м;
 β – центральный угол целика, град.

Угол вруба β определяется минимально необходимым углом наклона сооружения α , при котором проекция центра тяжести сооружения на плоскость горизонтального сечения на уровне вруба выйдет за контур сечения (то есть будет обеспечено условие опрокидывания сооружения).

Угол α :

$$\alpha = j_1 - j_2, \quad (6.11)$$

$$\operatorname{tg} j_1 = \frac{H_c - h_n}{B}, \quad (6.12)$$

$$\cos j_2 = \frac{L_{\text{вр}}}{\sqrt{(H_c - h_n)^2 + b^2}}, \quad (6.13)$$

где: H_c, h_n – по рис. 6.21.

Угол вруба β должен равняться углу наклона или превышать его. Необходимая высота $H_{\text{вр}}$, м вруба:

$$H_{\text{вр}} = L_{\text{вр}} \cdot \operatorname{tg}\beta. \quad (6.14)$$

При направленном обрушении форму вруба принимают прямоугольной (при расположении зарядов в два ряда) или трапециевидной. В этом случае нижние два ряда зарядов принимают одинаковой длины, остальные короче в соответствии с принятым углом вруба.

При взрывании железобетона принимают повышенный удельный расход ВВ, так как взрыв шпуровых зарядов должен не только раздробить бетон конструкции, но и выбить его из арматуры.

При обрушении тонкостенных конструкций (при толщине стенок до $0,2$ м) для образования вруба можно использовать удлиненные накладные заряды, которые размещают по площади вруба

рядами (рис. 6.22). Удлиненный наружный заряд в ряду формируют в виде групп отдельных удлиненных зарядов. Массу каждого отдельного удлиненного заряда принимают с таким расчетом, чтобы обеспечить полное выбивание бетона из арматуры в пределах вруба. Расчет массы удельного накладного заряда по (5.12).

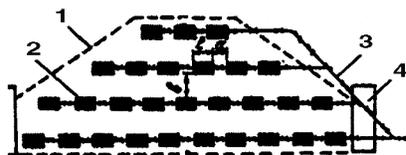


Рис. 6.22. Схема размещения удлиненных накладных зарядов по площади вруба:

1 – проектный контур вруба; 2 – заряды ВВ; 3 – ДШ; 4 – сквозные проемы; l – длина заряда, м; α – расстояние между зарядами в ряду, м; β – расстояние между рядами зарядов, м

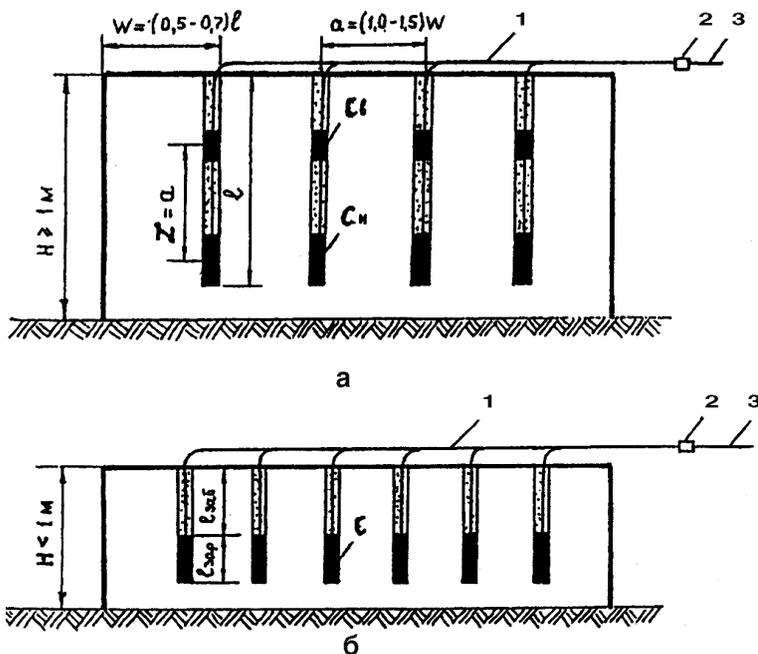


Рис. 6.23. Конструкция шпуровых зарядов при взрывании фундаментов различной мощности:

а – мощность фундаментного слоя $H \geq 1$ м; б – мощность фундаментного слоя $H \leq 1$ м; W – линия наименьшего сопротивления; Z – расстояние между центрами верхнего и нижнего зарядов в шпуре; Q_n и Q_v – масса нижнего и верхнего зарядов в шпуре (1 – детонирующий шнур, 2 – капсюль-детонатор, 3 – огнепроводный шнур)

При обрушении тонкостенных сооружений с малым отношением высоты сооружения к его основанию, когда для обеспечения направленности необходимо образовать вруб большой высоты, целесообразно использовать комбинированную систему расположения зарядов. В нижней части вруба (на высоту 1,0–1,2 м) размещают удлиненные накладные заряды, а в верхней части – шпуровые заряды. При такой комбинации зарядов значительно сокращается трудоемкость подготовительных операций, связанных с бурением шпуров в нижней части вруба (где должно располагаться до 70% шпуровых зарядов), и, в то же время, можно обеспечить качественное укрытие накладных зарядов.

Для перебивания металлических и железобетонных элементов могут использоваться удлиненные кумулятивные, линейные и шпуровые кумулятивные заряды.

Расчленение крупногабаритных элементов зданий и сооружений при их разборке и расчистке завалов, а также разрушение элементов мостов, опор линий электропередач производится перебиванием стержней арматуры или выбиванием бетона из железобетона с последующим перебиванием стержней арматуры кумулятивными или контактными зарядами.

При производстве взрывных работ по ликвидации последствий землетрясений необходимо учитывать наличие большого количества аварийных зданий и сооружений в населенных пунктах, разрушенных коммуникаций, систем тепло- энергообеспечения, завалов на дорогах и т.п., а также возможное периодическое повторение сейсмических толчков различной мощности. При проведении взрывных работ в промышленной зоне все системы энергообеспечения должны быть отключены, взрывоопасные и другие опасные в обращении вещества (селитра, горюче-смазочные материалы и др.) должны быть удалены. При производстве взрывов в жилых массивах принимаются меры для снижения их последствий, сохранения соседних зданий и др. При подготовке взрывов внутри зданий запрещается передвигать мебель, на которую могут опираться несущие элементы перекрытий. Подготовку взрывов внутри помещений необходимо проводить с учетом возможного повторения толчков. Категорически запрещаются взрывные работы вблизи аварийных зданий, в которых могут находиться люди.

Фундаменты обрушенных зданий подрываются с целью выбивания бетона без перебивания арматуры из колонн и стенок фундамента для последующей резки арматуры газосваркой. Окончательное разрушение фундаментов и планировка участка местности осуществляются с помощью техники с навесным бульдозерным оборудованием.

Разрушение колонн достигается подрыванием шпуровых зарядов, расположенных в шахматном порядке у основания колонн. Масса Q , кг шпурового заряда, необходимого для выбивания бетона из колонн:

$$Q = K \cdot h^3, \quad (6.15)$$

где K – коэффициент, зависящий от прочности и толщины подрываемой колонны и от свойств применяемого ВВ (таблице 6.4);
 h – глубина шпура в метрах.

Таблица 6.4

Толщина подрываемой конструкции, м	0,5	0,6	0,75	0,90	1,0-1,2	1,3-1,5	1,6-1,7	1,8-2,0
Нормальная глубина шпура, м	0,35	0,40	0,50	0,60	0,65-0,80	0,85-1,0	1,05-1,15	1,2-1,4
Значение коэффициента K	1,95	1,63	1,30	1,17	0,87	0,76	0,69	0,54

Глубина шпура должна составлять $2/3$ толщины колонны, а его диаметр должен быть таким, чтобы заряд заполнял его примерно на половину глубины. При отсутствии материала для забойки допускается шпур на всю его глубину заполнять взрывчатым веществом. При этом электродетонатор для предотвращения его выброса из шпура от действия взрыва соседнего заряда ВВ устанавливается на глубине не менее половины глубины шпура. Расстояние между центром шпура и боковой поверхностью колонны должно составлять примерно $1/3$ от толщины колонны. Расстояние между центрами соседних шпуров должно быть примерно равным $1,5-2,0$ радиуса разрушения r_p :

$$r_p = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{K_1}}, \text{ м}, \quad (6.16)$$

где: Q – масса заряда ВВ, кг;
 K_1 – коэффициент, зависящий от свойств материала и применяемого ВВ (для железобетона и ВВ нормальной мощности $K_1 = 6,8$).

Для удобства последующей резки арматуры рекомендуется на каждой колонне устанавливать не менее трех шпуровых зарядов. При необходимости перебивания арматуры (отсутствие сварки, трудности доступа и т.д.) с помощью зарядов ВВ нужно руководствоваться следующими рекомендациями: перебивание арматуры диаметром до 2 см включительно производить зарядами из тротила массой 200 г (одна малая шашка) или зарядами пластич-

ного ВВ массой 100 г. Масса заряда Q_1 (г) для перебивания арматуры диаметром более 2 см:

$$Q_1 = 10D^3, \quad (6.17)$$

где: D – диаметр арматуры, см.

Заряд должен располагаться с перекрытием всего диаметра арматуры и иметь высоту не менее 2,5 диаметров арматуры. При применении пластичного ВВ, обеспечивающего плотное прилегание к арматуре, допускается величину массы заряда, рассчитанную по (6.17), уменьшить в два раза.

В отдельных случаях (трудность доступа к колонне, отсутствие ограничений по массе заряда ВВ и т.д.) для подрывания железобетонных колонн с частичным перебиванием арматуры целесообразно применять удлиненные кумулятивные заряды КЗУ, а для полного перебивания арматуры – кольцевой кумулятивный заряд КЗК.

Для подрывания фундамента применяются удлиненные заряды, масса которых Q , кг по (5.11).

Для данных работ целесообразно использовать стандартные удлиненные заряды СЗ-6М, СЗ-4П, СЗ-1П, СЗ-1Э. В таблицах 6.5 и 6.6 приведено требуемое количество нитей (слоев) зарядов СЗ-4П (СЗ-1П) и СЗ-1Э в зависимости от толщины стенки и характера разрушения.

Таблица 6.5

Толщина стенки, м	Количество нитей заряда СЗ-4П (СЗ-1П), шт.	
	для выбивания бетона	для выбивания бетона с частичным перебиванием арматуры
до 0,15	1	1
0,20	1	2
0,25	1	3
0,30	2	4
0,40	2	8
0,50	3	12

Таблица 6.6

Толщина стенки, м	Количество слоев заряда СЗ-1Э, шт.	
	для выбивания бетона	для выбивания бетона с частичным перебиванием арматуры
до 0,1	1	2
0,15	2	4
0,20	3	6
0,25	4	8
0,30	6	12
0,40	8	16

Для обрушения стенок, защемляющих колонну с трех или четырех сторон, требуется два удлиненных заряда, а стенок, защемляющих колонну с двух сторон – один удлиненный заряд. При наличии верхнего перекрытия и небольшом (до 1,2 м) расстоянии между соседними стенками величина зарядов может быть уменьшена на 20–30% за счет фугасного действия взрыва зарядов в замкнутом объеме. Выбор конкретных мест установки зарядов зависит также от местных условий (например, расположение рядом с подрываемым фундаментом нормально функционирующих жилых и производственных зданий). В связи с этим должны соответствующим образом выбираться места установки зарядов с учетом направления разлета осколков, общей массы ВВ, подрываемой одновременно, с учетом безопасных расстояний сейсмического действия и действия воздушных ударных волн взрыва.

При наличии времени и сил перед началом работ по разрушению фундамента конкретного здания целесообразна опытная проверка эффективности действия зарядов, что позволит в большей степени учесть особенности конструкций и прочность материалов, применяемых в данном фундаменте.

Для валки заводских труб и башен образуют односторонний подбой со стороны обрушения трубы, в некоторых случаях, после детального изучения конструкции трубы, ее состояния и требований безопасности подбой трубы устраивается и с противоположной стороны.

Шпуров подбоя размещают в три ряда: два нижних ряда по длине занимают 0,75 длины окружности трубы, а верхний ряд – 0,67 длины окружности трубы. Вертикальная линия, соединяющая центральные шпуров каждого ряда, должна совпадать с направлением валки трубы. Высота подбоя в его середине принимается равной 1,5–3 толщине стены, а в конце – толщине стены.

При валке железобетонных труб по всему подбою (вруб) выбивается бетон из железобетона и обязательно перебивается не менее 70% арматуры. В этих случаях шпуровые заряды дополняются кумулятивными зарядами КЗУ-2. Глубина шпуров должна быть в пределах половины или двух третей толщины стены. Расстояния между зарядами в ряду и между рядами должны приниматься равными 1–1,2 радиусов зоны разрушения, принятых для расчета массы зарядов. Масса Q , кг заряда ВВ:

$$Q = ABR^3, \quad (6.18)$$

где: A – удельный расход ВВ для разрушения материала трубы, кг/м³;

B – коэффициент забивки;

R – необходимый радиус зоны разрушения материала трубы, м.

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от диаметра имеющихся патронов и шашек ВВ.

Обрушение кирпичных труб на свое основание может производиться контактными удлиненными зарядами длиной 2–3 м, размещаемыми вертикально выше основания трубы. Заряды размещаются на расстояниях друг от друга, равных 1–1,5 толщинам трубы. Погонная масса заряда Q_y :

$$Q_y = 0,5ABR^2 l, \quad (6.19)$$

где: l – длина заряда (м), остальные значения величин те же, что и в формуле (6.23).

Трубы, имеющие существенные повреждения и отклонения от вертикали, обрушаются, как правило, в сторону наклона. Если валка их в сторону наклона по каким-либо причинам невозможна, то производится их обрушение на основание.

Для того, чтобы наклоненные трубы, особенно железобетонные, не опрокинулись в сторону наклона, разрушение их должно производиться одновременно в нескольких сечениях по высоте взрывом контактных удлиненных зарядов. Расстояние между зарядами принимается таким, чтобы упавший фрагмент укладывался в безопасную зону.

Если обрушение аварийной трубы на основание исключается, а возможна ее валка в каком-либо направлении, то в ней устраивается подбой как при обычной валке. Для повышения точности валки в заданную сторону труба со стороны валки анкерится за верхнюю часть к земле надежным стальным тросом.

Металлические трубы обрушаются только в заданном направлении. При этом применяются кумулятивные удлиненные заряды. Подбой производится на три четверти периметра трубы. Высота (ширина) подбоя принимается из расчета, чтобы центр тяжести при обрушении вышел за пределы проекции основания трубы.

При взрывном обрушении зданий, башен, труб возникает сейсмический эффект от падения на грунт больших масс, который воздействует на окружающие охраняемые сооружения, подземные коммуникации и пр. В этом случае определяется эквивалентная (в сейсмическом отношении) масса заряда Q_3 , кг:

$$Q_3 = \frac{m \cdot g \cdot H}{u}, \quad (6.20)$$

где: m – масса падающего груза, кг;

- g – ускорение силы тяжести, м/с²;
 H – величина вертикального перемещения центра тяжести к моменту встречи его с грунтом, м;
 u – удельная энергия взрывчатого превращения (для тротила – $4,2 \cdot 10^6$ Дж/кг).

В соответствии с эквивалентной массой заряда определяются безопасные расстояния. Для этого рассчитывается максимальная скорость V_{\max} смещения частиц грунта у основания охраняемых объектов:

$$V_{\max} = (250 \dots 150) \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{C_9}}{r} \right)^{1,5}, \quad (6.21)$$

где: r – расстояние от охраняемого объекта до ближайшего к нему участка взрываемого сооружения, м.

Рассчитанные максимальные значения смещения грунта (бетона) у основания охраняемых объектов должны быть меньше критических значений скорости $V_{кр}$ (табл. 6.7).

Таблица 6.7

№ п/п	Характеристика объекта	Критическая скорость колебаний, см/с
1.	Жилые здания и сооружения	1-3
2.	Здания произвольного назначения	5-7
3.	Несущие колонны цеха	10-20
4.	Стеновые заполнения	10
5.	Сохраняемые железобетонные фундаменты и их части	10-50
6.	Аппаратура контроля и защиты	3-6
7.	Электросиловые установки	10-20
8.	Опоры мостовых кранов	10
9.	Опоры электропередач	20-30
10.	Дымовые и вентиляционные трубы	3-10
11.	Футеровка печей	50
12.	Трубопроводы	50
13.	Электрические кабели	50
14.	Подвальные помещения (исключение трещинообразования и вываливания бетона)	50

7. Обеспечение безопасности при проведении взрывных работ

7.1. Общие правила и меры безопасности

Перед производством взрывных работ составляется их распорядок, в котором указываются ответственные исполнители и необходимые мероприятия по обеспечению безопасности (отселение или вывод людей из объектов, находящихся в пределах опасной зоны, отключение коммунально-энергетических сетей, порядок подготовки охраняемых объектов к взрыву и т.п.).

Подготовка и проведение взрывов выполняются в следующей последовательности. До начала работ перед взрывниками ставится задача и проводится инструктаж по особым мерам безопасности на данном объекте. При необходимости расчищаются подходы к объекту, устраиваются защитные козырьки над местом работ, намечаются места расположения шпуров или накладных зарядов, подготавливается в необходимом количестве забоечный материал и материал для укрытия, укрываются охраняемые объекты, для их защиты делаются предохранительные траншеи, экраны и др.

Во время взрывных работ к месту их проведения доставляются взрывчатые материалы. Люди, не связанные с выполнением работ, удаляются на безопасное расстояние, выставляются посты оцепления. Производится зарядка и забойка шпуров (скважин), устанавливаются накладные или неконтактные заряды, монтируется сеть из детонирующего шнура, оборудуются защитные укрытия мест взрыва, отключается электроэнергия, снижается давление в трубопроводах в зоне взрыва, монтируется электровзрывная сеть. С безопасного расстояния проверяется исправность электровзрывной магистрали, подсоединяются электродетонаторы к сети детонирующего шнура, отводятся в укрытие взрывники. После подачи установленного сигнала производится взрыв.

Все лица, занятые в подготовке и производстве взрыва, а также работающие в пределах опасной зоны заблаговременно оповещаются о предстоящих взрывах, месте и времени их проведения, границах опасной зоны и установленных сигналах оповещения.

Заряды ВВ следует взрывать по технической документации (проектам, паспортам и т.п.). С такими документами персонал, осуществляющий буровзрывные работы, должен быть ознакомлен под роспись.

При взрывных работах на предприятиях нефтяной, газовой, химической промышленности, на АЭС, ТЭЦ и т.п. должны строго

выполняться инструкции по мерам безопасности, разработанные этими предприятиями. В это время необходимы строгий порядок и точное соблюдение мер безопасности.

К руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие законченное высшее или среднее горнотехническое образование, окончившие специальные учебные заведения или курсы, получившие Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

К взрывным работам и связанным с подготовкой ВВ, хранением и перевозкой ВМ, в том числе к руководству такими работами, допускаются лица, назначенные соответствующим приказом.

Взрывные работы выполняются взрывниками (мастерами-взрывниками) мужского пола, имеющими Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

Квалификация взрывник (мастер-взрывник) может присваиваться лицам, прошедшим обучение по соответствующей программе, сдавших экзамены квалификационной комиссии под руководством представителя органа Госгортехнадзора.

Взрывник допускается к самостоятельному производству взрывов только после работы стажером в течение 1 месяца под руководством опытного взрывника.

При осуществлении взрывных работ обязательна подача звуковых, а в темное время суток и световых сигналов для оповещения людей.

Значение и порядок сигналов (могут подаваться при помощи сирены, горна, ракет):

- первый сигнал – предупредительный (один продолжительный или ракета белого цвета) подается перед заряданием, после окончания работ по заряданию и удалению связанных с этим лиц взрывники приступают к монтажу взрывной сети;
- второй сигнал – боевой (два продолжительных или ракета зеленого цвета), по которому проводится взрыв;
- третий сигнал – отбой (три коротких или ракета красного цвета) означает окончание взрывных работ.

Сигналы должны подаваться сигнальщиком по команде руководителя взрывных работ.

Перед началом зарядания на границах опасной зоны должны быть выставлены посты (оцепление), обеспечивающие ее охрану, а личный состав не занятый заряданием, выведен в безопасные места. Оцепление выставляет и снимает специальный разводящий, подчиненный руководителю работ.

Для открыто расположенных людей безопасными являются следующие расстояния:

- при взрыве поверхностных зарядов без оболочек весом до 5 кг (с использованием естественных складок местности) – 50 м;

- при подрывании льда подводными зарядами – 100 м;
- при подрывании дерева – 150 м;
- при подрывании кирпича, камня, бетона и ж/б – 350 м;
- при подрывании открыто расположенных металлических конструкций – 500 м.

Места и расстояния, на которые нужно отводить людей и выставлять оцепление на время взрыва, указываются руководителем работ. В опасную зону разрешается проходить руководителю и помощникам руководителя взрывных работ, лицам надзора и представителям контролирующих органов. Опасная зона, определенная расчетом в паспорте (проекте), вводится при взрывании с применением электродетонаторов с начала укладки боевиков, а при взрывании ДШ – с начала монтажа взрывной сети.

Личный состав к месту взрыва после его проведения может быть допущен руководителем подрывных работ (лицом технического надзора) только после того, как им совместно с помощниками будет установлено, что работа на месте взрыва безопасна. ВВ, СВ и подрывные машинки должны находиться на полевом расходном складе под охраной часового и выдаются взрывникам только по приказанию руководителя работ. Число подготовленных к взрыванию зарядов должно быть таким, какое будет взорвано за один прием. Забойники могут изготавливаться только из материалов, не дающих искр. Боевик должен быть расположен первым от устья шпура, при этом дно гильзы ЭД или КД, вставленных в боевик, необходимо направлять ко дну шпура.

При взрывных работах соблюдаются следующие меры безопасности:

- строгий порядок и точное выполнение соответствующих указаний и установленных требований;
- все лица, назначаемые для производства работ, должны знать ВВ, средства взрывания, их свойства и правила общения с ними, а также правила и порядок выполнения предстоящих работ и необходимые меры безопасности;
- на каждую отдельную работу назначается руководитель, отвечающий за успех взрыва и правильное ведение работ;
- каждый работник подразделения (расчета), ведущего взрывные работы, должен твердо знать свою задачу и последовательность ее выполнения;
- все действия должны производиться по командам и сигналам руководителя взрывных работ (старшего);
- сигналы должны резко отличаться один от другого, и весь персонал, участвующий во взрывных работах, должен хорошо их знать;

- место взрыва должно быть оцеплено постами, которые следует удалять на безопасное расстояние, оцепление выставляется и снимается специальным разводящим, подчиненным руководителю взрывных работ;
- при подготовке массовых взрывов на открытых работах при длительном (более смены) зарядании устанавливается запретная зона на расстоянии не менее 20 м от ближайшего заряда;
- опасная зона определяется проектом и вводится при электрическом способе взрывания с начала укладки боевиков, при взрывании с помощью ДШ – с начала монтажа взрывной сети;
- лица, не занятые непосредственно на данных работах, а также посторонние к месту работ не допускаются;
- ВВ, средства взрывания и готовые заряды на месте проведения работ охраняются часовым;
- капсули-детонаторы, зажигательные трубки и электродетонаторы хранятся отдельно от ВВ и готовых зарядов, в стороне от места работ;
- ВВ и средства взрывания могут выдаваться с полевого расходного склада взрывникам только по приказанию руководителя работ (старшего);
- в наружные заряды капсули-детонаторы и электродетонаторы вставляются после укрепления зарядов на подрываемых предметах и только непосредственно перед производством взрыва;
- запрещается производить работы с ВВ и средствами взрывания в жилых помещениях, курить, разводить огонь и зажигать костры ближе 100 м от места работ;
- при подрывании тех или иных предметов наружными зарядами разрешается отходить на безопасные расстояния в ту сторону, с которой расположены заряды;
- при производстве взрывов в туннелях, шахтах, котлованах и т.п. входить в них можно только после тщательного проветривания или принудительного продувания;
- к отказавшим (невзорвавшимся) зарядам разрешается подходить не более чем одному человеку и не раньше чем через 15 минут;
- при уходе с места работ все почему-либо неизрасходованные ВВ и средства взрывания должны быть сданы на полевой расходный склад, средства, непригодные для дальнейшего использования, уничтожаются на месте работ.

На местности, зараженной радиоактивными или химическими веществами, необходимо:

- вести непрерывную радиационную и химическую разведку и следить за дозой облучения личного состава подразделений;
- все работы производить в индивидуальных средствах защиты;
- не садиться и не ложиться на землю, не брать в руки посторонние предметы и не прикасаться к ним, не пить и не принимать пищу на зараженных участках;
- не прикасаться зараженными руками (защитными перчатками) к обнаженным участкам тела;
- при отрывке колодцев (шурфов) вначале снимать верхний зараженный слой грунта и осторожно, не распыляя, отбрасывать его в подветренную сторону, затем по указанию руководителя работ продолжать отрывку обычным порядком;
- склады ВВ, средства взрывания и другое имущество по возможности располагать за пределами зараженной зоны.

При огневом способе взрывания необходимо:

- получив огнепроводный шнур, убедиться в нормальной скорости его горения;
- время горения стандартных зажигательных трубок заводского изготовления (ЗТП) определять* по укрепленным на них муфточкам с цифрами;
- вести строгий учет зажигательных трубок и капсулей-детонаторов и выдавать их только перед установкой в заряды;
- вести счет взрывающихся зарядов, чтобы проверить, не было ли отказов;
- к отказавшим зарядам подходить не ранее чем по истечении 15 минут с того момента, когда по расчету должен был произойти взрыв, при подходе к отказавшим зарядам наблюдать, нет ли признаков горения шнура или самих зарядов;
- при взрывании зажигательными трубками количество подрывников для их воспламенения определять в зависимости от расстояний между зарядами, дистанции отхода и времени горения зажигательных трубок, одному взрывнику воспламенять более пяти трубок не разрешается;
- перед воспламенением зажигательных трубок подавать команду (сигнал) “Приготовиться!”, по которой взрывники становятся у зарядов и готовят к воспламенению;
- воспламенение производить по команде (сигналу) “Огонь!” или по особым указаниям руководителя работ (старшего);

* При этом иметь в виду: ЗТП-300, в отличие от ЗТП-50 и ЗТП-150, изготавливаются из огнепроводного шнура (голубого или белого цвета) со скоростью горения 0,33 см/сек.

- после воспламенения отходить по команде (сигналу) “Отходи!” (остающийся срок горения шнура должен обеспечить отход всех взрывников в укрытие на безопасное расстояние), отходить по этой команде (сигналу) должны все взрывники, в том числе и не успевшие воспламенить трубки;
- момент команды (сигнала) “Отходи!” руководитель работ определяет по часам или по окончании горения контрольного отрезка огнепроводного шнура, поджигаемого им одновременно с подачей команды (сигнала) “Огонь!”, контрольный отрезок огнепроводного шнура делать короче зажигаемых трубок на столько сантиметров, сколько секунд требуется для отхода взрывников на безопасное расстояние или в укрытие;
- взрывники, воспламеняющие зажигаемые трубки индивидуально (не в составе расчета), убедившись в горении трубки, должны отходить самостоятельно, не ожидая команды (сигнала);
- загасший (не догоревший до конца) огнепроводный шнур вторично не поджигать.

При работе с детонирующим шнуром должны выполняться следующие меры предосторожности:

- во время подготовительных работ шнур должен находиться в тени;
- сети детонирующего шнура, подвергшиеся длительному действию солнечных лучей, не могут использоваться вторично и подлежат уничтожению;
- если заряды, соединенные детонирующим шнуром, дали отказ, подходить к ним разрешается только одному человеку и не ранее, чем по истечении 15 минут, при подходе к отказавшим зарядам необходимо проверять отсутствие признаков горения детонирующего шнура и самих зарядов, при наличии таких признаков подходить к зарядам запрещается;
- при взрывании групп зарядов, соединенных детонирующим шнуром, проверять результаты взрыва может только один человек.

При электрическом способе взрывания необходимо:

- электродетонаторы в открытые заряды вставлять только непосредственно перед взрывом по приказанию руководителя работ (старшего), при этом лиц, не связанных с выполнением указанной операции, от зарядов удалять на безопасное расстояние (в укрытие);
- до окончания работ по установке электродетонаторов в заряды и отхода людей на безопасное расстояние (в укрытие) источник тока к магистральным проводам не подключать;

- перед грозой участковые провода отсоединять от магистральных, концы участковых проводов отсоединять и тщательно изолировать;
- не располагать провода электровзрывных сетей ближе 200 м от электрических станций, подстанций, высоковольтных линий, электрифицированных железных дорог и мощных радиостанций;
- приводные ручки (ключи) от подрывных машинок, а также источники тока (подрывные машинки, батареи и т. п.) содержать под охраной часового и выдавать подрывникам лишь непосредственно перед взрывом по приказанию руководителя работ (старшего);
- перед подключением омметра к сети для ее проверки предварительно убедиться в его исправности;
- проверять электровзрывные сети омметром только после удаления всех людей от мест расположения зарядов;
- концы проводов ЭД должны быть замкнуты накоротко до подсоединения их к магистрали и до подсоединения их к смонтированной сети;
- при приближении грозы, если до ее прихода произвести взрыв не представлялось возможным, электровзрывная сеть должна быть разомкнута, а концы проводов надежно изолированы;
- перед взрывом после отвода всех взрывников на безопасное расстояние или в укрытие подавать команду (сигнал) “Приготовиться!”, по этой команде на подрывной станции освобождаются от изоляции и присоединяются к подрывной машинке (источнику тока) концы магистральных проводов, подрывная машинка заряжается (заводится);
- после проверки выполнения предыдущей команды подать команду (сигнал) “Огонь!”, по которой нажатием кнопки “Взрыв” (поворотом ключа, замыканием контакта) включается подрывная машинка (источник тока) в электровзрывную сеть;
- при групповых взрывах электрическим способом результаты проверять одному человеку:
- при отказе отключить концы магистральных проводов от подрывной машинки (источника тока), изолировать их и развести в стороны, сдать под охрану ручку (ключ) от машинки и после этого выяснить причины отказа, подходить к отказавшим зарядам разрешается не ранее чем через 5 минут;
- при производстве работ с электродетонаторам и замедленного действия к отказавшим зарядам можно подходить не ранее чем через 15 минут с момента, когда по расчету должен был бы произойти взрыв.

При подрывании грунтов и скальных пород необходимо:

- магистральные провода подводить к группам зарядов с необходимой слабиной во избежание выдергивания электродетонаторов при подсоединении участков проводов;
- при засыпке колодцев (шурфов) сначала бросать мягкий грунт на стенку колодца, наиболее удаленную от заряда, до тех пор, пока заряд не покроется естественно сползающим грунтом на 20-30 см, лишь после этого утрамбовать грунт и засыпать колодец по всему сечению, при большой глубине колодцев начальная засыпка зарядов мягким грунтом производится при помощи воротов, журавлей и т.п.;
- места уложенных в грунт и засыпанных зарядов отмечать на местности какими-либо знаками, значение которых должно быть известно всему личному составу, участвующему в подрывных работах;
- учитывать, что при сильном ветре дальность разлета комьев грунта в направлении ветра увеличивается;
- не занимать сразу после взрывов образовавшиеся воронки, так как в них в течение некоторого времени обычно удерживаются ядовитые газы;
- при зарядании шпуров и скважин тщательно их прочищать, прежде чем вводить в них заряды;
- заряды досылать в шпуры и скважины деревянными приборниками (на конце приборника допускается медная или алюминиевая насадка) или опускать их при помощи шпата, проволоки и т.п., подвешивать заряды на огнепроводном шнуре или на проводах электродетонаторов запрещается;
- заряжать котловые шпуры не ранее, чем через 30 минут после их прострела, осматривать котловые шпуры и шпуры, образованные взрывом кумулятивных зарядов, можно только через 5 минут после взрыва (прострела); применять при осмотре подсветку шпуров открытым огнем запрещается.

При уничтожении или при извлечении невзорвавшихся зарядов, заложенных в шпурах, скважинах, колодцах, камерах, необходимо:

- заряды, расположенные в шпурах или скважинах, взрывать зарядами, располагаемыми в других шпурах, выделанных рядом, на расстоянии 20–30 см, или вымывать водой (при порошкообразных ВВ, помещенных в шпуры без оболочек), производить выбуривание или извлечение зарядов из шпуров (скважин), вытаскивать из них электродетонаторы и зажигательные трубки запрещается;
- заряды, расположенные в камерах и колодцах, извлекать путем подхода к ним вдоль стенок, противоположных тем, по которым проложены провода электродетонаторов или дето-

нирующий и огнепроводный шнуры, при удалении забивки (грунта, кладки и т.п.) выбирать ее осторожно, тонкими слоями, следя за тем, чтобы инструмент не мог ударить по заряду и особенно по капсулю-детонатору или электродетонатору, при разборке вынимать ВВ отдельными шашками, провода электродетонаторов при этом не натягивать.

При подрывании сооружений и оборудования электростанций (подстанций) необходимо соблюдать следующие меры предосторожности, исключающие поражение подрывников электрическим током:

- все подготовляемое к подрыванию оборудование отключать (если позволяет обстановка) от питающей сети;
- при выделке зарядных устройств в строительных конструкциях или в грунте не допускать их совпадения с местами расположения скрытых кабельных линий;
- весь персонал подразделений должен работать в резиновых сапогах и перчатках;
- весь применяемый для выполнения работ инструмент должен иметь изолированные рукоятки;
- во всех случаях, когда это возможно, привлекать для консультации и выполнения отдельных работ специалистов из обслуживающего персонала.

При подрывании боеприпасов соблюдать дополнительно следующие меры предосторожности:

- уничтожать невзорвавшиеся боеприпасы в строго установленном время, оповещая об этом расположенные поблизости воинские части и местное население;
- по окончании работ тщательно осмотреть места подрыва с целью выявления невзорвавшихся (не полностью взорвавшихся) боеприпасов или их элементов, содержащих ВВ;
- зажигать ВВ в боеприпасах, взорвавшихся не полностью, или производить выплавку ВВ из них запрещается.

При подрывании льда необходимо:

- для предотвращения всплывания зарядов из-под льда привязывать к ним грузы (камни, мешки с песком и т.п.);
- не применять для подрывания льда в заторах укороченные зажигательные трубки длиной менее 15 см;
- учитывать, что при сильном ветре дальность разлета осколков льда в направлении ветра увеличивается на 40–50%.

7.2. Расчет безопасных расстояний

Радиусы опасных зон при взрывах рассчитываются по разлету отдельных кусков разрушаемого материала (породы, грунта), по действию ударной воздушной волны и сейсмическому эффекту.

Безопасные расстояния определяются по максимальному значению одного из критериев.

7.2.1. Опасная зона по разлету отдельных кусков породы (грунта)

Опасное расстояние $r_{\text{разл}}$ для людей при взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) на равнинной местности:

$$r_{\text{разл}} = 1250\eta_3 \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{\text{заб}}} \cdot \frac{d}{a}}, \text{ м}, \quad (7.1)$$

где: $\eta_3 = \frac{l_3}{L}$ – коэффициент заполнения скважины ВВ;

l_3 – длина заряда в скважине, м;

L – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости породы;

d – диаметр скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м;

$\eta_{\text{заб}} = \frac{l_{\text{заб}}}{l_{\text{н}}}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой;

$\eta_{\text{заб}} = 1$ – при полном заполнении скважины забойкой;

$\eta_{\text{заб}} = 0$ – при взрывании без забойки;

$l_{\text{заб}}$ – длина забойки, м;

$l_{\text{н}}$ – длина скважины, свободная от заряда;

$$f = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{100};$$

$\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности пород на одноосное сжатие;

$f = \left(\frac{F}{2,5}\right)^2$ – определение коэффициента при недостатке данных по прочностным характеристикам $\sigma_{\text{сж}}$;

F – номер группы взрываемых грунтов по СНиП.

При взрывании параллельно сближенных скважинных зарядов диаметром “ d ” принимается их эквивалентный диаметр:

$$d_3 = d\sqrt{N_c};$$

N_c – число параллельно сближенных скважин в кусте.

Расстояние $R_{\text{разл}}$, опасное для людей по разлету отдельных кусков породы (грунта) при взрыве зарядов на косогоре в сторону уклона:

$$R_{\text{разл}} = r_{\text{разл}} \cdot K_p,$$

$$\text{где: } K_p = 1 + \operatorname{tg} \beta \text{ или } K_p = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4H}{r_{\text{разл}}}} \right); \quad (7.2)$$

β – угол наклона косого к горизонту, градус;

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

Безопасные расстояния по разлету осколков (отдельных кусков породы) при взрывах на выброс в зависимости от значений показателей действия взрыва заряда n и линии наименьшего сопротивления W , приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

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

7.2.2. Сейсмически безопасные расстояния при взрывах

Сейсмическая безопасность зданий и сооружений при взрывах допускает появление легких повреждений в них с вероятностью не более 0,1. Она определяется по инструкции, приведенной в “Единых правилах безопасности при взрывных работах”.

Сейсмические безопасные расстояния r_c для зданий и сооружений при однократно взрывааемых сосредоточенных зарядах ВВ:

$$r_c = K_c \cdot K_r \alpha \sqrt[3]{Q}, \text{ м}, \quad (7.3)$$

где: K_c – коэффициент, зависящий от типа зданий (сооружений) и характера застройки (табл. 7.2);
 K_r – коэффициент, зависящий от свойства грунта в основании охраняемого здания (табл. 7.3);
 α – коэффициент, зависящий от условия взрыва (табл. 7.4);
 Q – масса заряда, кг.

Таблица 7.2

Объекты	K_c
Одиночные здания (сооружения) производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные одно-, трехэтажные здания с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

Таблица 7.3

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

Таблица 7.4

Условия взрывания	α
Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1,0
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полуглубленного заряда	0,5

Примечания:

1. При взрыве в воде и водонасыщенном грунте коэффициент α увеличивается в 1,5–2 раза.
2. При взрыве наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

Сейсмически безопасные расстояния для зданий и сооружений при одновременном (без замедления) взрывании группы N зарядов ВВ общей массой Q , когда минимальное и максимальное удаление зарядов от охраняемого объекта различаются не более, чем на 20%:

$$r_c = N^{\frac{1}{6}} \cdot K_c \cdot K_r \cdot a \sqrt[3]{Q}, \text{ м.} \quad (7.4)$$

При большем различии в расстояниях охраняемый объект будет находиться вне сейсмической опасной зоны, если соблюдается условие:

$$(K_c \cdot K_r \cdot \alpha)^3 \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^3} \leq 1,$$

где: q_i – масса отдельного заряда, кг;

r_i – расстояние отдельного заряда ВВ до охраняемого объекта, м.

При одновременном взрывании N зарядов ВВ общей массой Q , с временем замедления не менее 20 мс безопасное расстояние:

$$r_c = \frac{K_c \cdot K_r \cdot \alpha}{N^{\frac{1}{3}}} \cdot Q^{\frac{1}{3}}. \quad (7.5)$$

Если расстояние r_i от крайних зарядов массой q , до охраняемого объекта различается более, чем на 20%, то объект находится вне опасной зоны при соблюдении неравенства:

$$\left(\frac{K_c \cdot K_r \cdot \alpha}{N^{\frac{1}{3}}} \right) \cdot \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^3} \leq 1. \quad (7.6)$$

Оценка сейсмобезопасных условий взрывания может также производиться по величине скорости смещения V , м/с грунта (бетона) у основания охраняемого объекта:

$$V = \frac{K \cdot \Delta}{\alpha_1 \cdot B} \left(\frac{\sqrt[3]{Q_3}}{r} \right)^v, \quad (7.7)$$

где: K – коэффициент, характеризующий удельный сейсмический эффект в зависимости от способа взрывания и физико-механических свойств среды;

$100 \leq K \leq 400$, $K = 250$ – среднее значение;

α_1 – коэффициент, учитывающий снижение интенсивности сейсмических волн с глубиной: $\alpha_1 = 2$ – для заглубленных объектов, $\alpha_1 = 1$ – для наземных охраняемых объектов;

v – коэффициент затухания сейсмических волн с расстоянием ($v = 1,5-2,0$);

Δ – коэффициент, зависящий от плотности заряжения шпура (скважины), он равен отношению фактической массы заряда к той массе заряда, которая была бы при полном заполнении шпура (скважины);

B – степень экранизации, при взрывах без экрана $B=1$;
 Q_3 – эквивалентная масса мгновенно взрывающегося заряда, кг;
 r – расстояние от заряда до охраняемого объекта, м.

Предельно допустимые (критические) значения скоростей колебания грунта $V_{гр}$ в основании наземных и подземных охраняемых объектов приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Характеристика охраняемого объекта	Скорость колебаний, м/с
1	2
Жилые здания и сооружения	1-3
Здания производственного назначения	5-7
Несущие колонны цеха	10-20
Стеновые заполнения	10
Сохраняемые железобетонные фундаменты и их части	10-50
Аппаратура контроля и защиты	3-6
Электросиловые установки	10-20
Опоры мостовых кранов	10
Опоры электропередач	20-30
Дымовые и вентиляционные трубы	3-10
Футеровка печей	50
Трубопроводы	50
Электрические кабели	50
Подвальные помещения (исключение трещинообразования и вываливания бетона)	50

7.2.3. Безопасные расстояния по действию ударной воздушной волны

Повреждение элементов конструкций охраняемых объектов под действием УВВ происходит при достижении на фронте волны критического уровня давления или удельного импульса в фазе сжатия. Приняты следующие допустимые значения для застекления: удельного импульса – 2,5 Па/с, избыточного давления – 500 Па.

Радиус опасной зоны (в метрах) по действию УВВ на застекление при одновременном взрыве наружных и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления в породах VI-VIII групп по классификации СНиП:

$$\begin{aligned}
 r_{\text{в}} &= 200 \sqrt[3]{Q_3}, \text{ при } 5000 > Q_3 > 1000 \text{ кг, (а)} \\
 r_{\text{в}} &= 65 \sqrt[3]{Q_3}, \text{ при } 2 \leq Q_3 < 1000 \text{ кг, (б)} \\
 r_{\text{в}} &= 63 \sqrt[3]{Q_3}, \text{ при } Q_3 < 2 \text{ кг, (в)}
 \end{aligned}
 \tag{7.8}$$

При взрывании пород V группы и ниже радиус опасной зоны, определяемый по этим формулам, может быть уменьшен в два раза, при взрывании пород IX группы и выше радиус опасной зоны должен быть увеличен в 1,5 раза.

Для наружных зарядов (высотой $h_{\text{зар}}$ с засыпкой слоем грунта $h_{\text{заб}}$), взрывааемых одновременно эквивалентная масса Q_3 заряда, кг:

$$Q_3 = K_{\text{н}} \cdot Q, \tag{7.9}$$

где: Q – суммарная масса зарядов, кг;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент, зависящий от отношения $h_{\text{заб}}/h_{\text{зар}}$.

Значение $K_{\text{н}}$ для расчета Q_3 при взрывании наружных зарядов, засыпанных грунтом, приведено в табл. 7.6.

Таблица 7.6

$h_{\text{заб}}/h_{\text{зар}}$	0	1	2	3	4
$K_{\text{н}}$	1	0,5	0,3	0,1	0,03

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

$$Q_3 = P \cdot l_{\text{зар}} \cdot K_3 \cdot N, \tag{7.10}$$

где: P – вместимость ВВ на 1 м скважины (шпура), кг;

l – длина заряда, м;

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины забойки $l_{\text{заб}}$, к диаметру скважины (шпура) d (при отсутствии забойки – зависит от отношения свободной от заряда части скважины $l_{\text{св}}$ к d). Значение K_3 приведено в табл. 7.7.

Таблица 7.7

$l_{\text{заб}}/d$	0	5	10	15	20
K_3	1	0,15	0,02	0,003	0,002
$l_{\text{св}}/d$	0	5	10	15	20
K_3	1	0,3	0,07	0,02	0,004

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

$$Q_3 = 12P \cdot d \cdot K_3 \cdot N. \quad (7.11)$$

Во всех случаях суммарная масса ВВ ДШ добавляется к значениям Q_3 .

В случае короткозамедленного взрывания (КЗВ) Q_3 и N рассчитываются как эквивалентная масса и число зарядов в одной группе. При наличии нескольких групп зарядов с замедлениями к расчету принимается группа с максимальным Q_3 . Радиус опасной зоны (r_B) при интервале замедления $t_{\text{КЗВ}} \geq 50$ мс рассчитывается по формулам (7.8а,б,в), при $t_{\text{КЗВ}} = 30\text{--}50$ мс рассчитанное r_B необходимо увеличить в 1,5 раза, при $t_{\text{КЗВ}} = 10\text{--}20$ мс r_B увеличивается в 2 раза.

Если взрывные работы производятся при отрицательной температуре воздуха, r_B рассчитанное по формулам (7.8 а,б,в), увеличивается в 1,5 раза.

Безопасное расстояние r_{min} по действию на человека УВВ от взрыва наружного заряда массой Q :

$$r_{\text{min}} = 15\sqrt[3]{Q}. \quad (7.12)$$

При возможности удалить персонал на большее расстояние, чем r_{min} , безопасное расстояние увеличивают в 2–3 раза, а при наличии блиндажей оно может быть уменьшено не более, чем в 1,5 раза.

7.3. Основные способы снижения взрывных нагрузок и расчет параметров укрытия места взрыва

Уменьшение поражающей способности ударной воздушной волны

Снижение воздействия УВВ может быть достигнуто следующими способами:

- засыпка (забойка) наружного заряда слоем грунта (без камней, гальки и т.п.), при слое засыпки не менее пяти высот заряда безопасное расстояние может быть уменьшено в 4 раза;
- удаление створок оконных рам, открывание окон или закрытие оконных проемов прочными щитами и т.п.;
- защита охраняемых элементов конструкций мешками или ящиками с песком;
- присыпка сети детонирующего шнура, соединяющего шпуровые заряды, слоем песка, слой песка мощностью 5–8 см обеспечивает снижение давления УВВ не более, чем в 3 раза;

- использование газонепроницаемых укрытий, локализаторов санного типа и т.п. для укрытия места взрыва, это позволяет снизить расчетный радиус опасной зоны в 1,5–2 раза.

При интервале короткозамедленного взрывания между группами не менее 25 мс УВВ от взрыва отдельных групп зарядов полностью разделяется, при этом расчет опасной зоны производится по группе с максимальным зарядом. При интервале замедления 10–15 мс рассчитанный радиус опасной зоны (по формулам 7.8а,б,в) должен быть увеличен в 1,3 раза.

Снижение сейсмического эффекта взрыва

В стесненных условиях снижение сейсмического воздействия может быть достигнуто за счет технологических способов и защитных (инженерных) мероприятий.

На практике применяются следующие технологические способы снижения сейсмического эффекта взрыва в стесненных условиях:

- короткозамедленное взрывание;
- уменьшение массы заряда;
- изменение конструкции заряда и диаметра скважины (шпура);
- оптимальная ориентация взрывающей группы зарядов относительно охраняемого объекта;
- использование простейших типов ВВ.

Защитные (инженерные) мероприятия для снижения сейсмического эффекта взрыва в стесненных условиях:

- применение сейсмических экранов;
- окопка фундаментов.

Короткозамедленное взрывание заключается в том, что весь взрывной заряд делят на отдельные группы зарядов (степени замедления), которые взрываются последовательно с определенным интервалом замедления (рис. 7.1). На практике наиболее часто используются интервалы замедления 15–50 мс. Число ступеней замедления не ограничивается. Масса заряда $Q_{\text{КЗВ}}$ в одной группе:

$$Q_{\text{КЗВ}} = 0,65 \cdot Q_3, \quad (7.13)$$

где: Q_3 – эквивалентная масса заряда при мгновенном взрывании, кг, определяемая по (7.9).

При количестве групп замедления n больше пяти в случае КЗВ скорость колебания ϑ массива у основания охраняемых объектов:

$$\vartheta = \frac{K}{\sqrt{n}} \left(\frac{\sqrt[3]{Q_3}}{r} \right). \quad (7.14)$$

Оптимальная ориентация взрываеваемой группы зарядов относительно охраняемого объекта состоит в следующем. Шпуры (скважины) располагают рядами параллельно охраняемому объекту. Все поле зарядов разбивают на блоки. В каждом блоке заряды нумеруют по единой системе. Заряды различных блоков с одинаковыми номерами взрывают одновременно в одной группе с одной степенью замедления.

Расстояние a между одновременно взрываемыми шпурами в смежных блоках (это определяет ширину блока):

$$a \geq m r_0,$$

где: r_0 – расстояние от охраняемого объекта до ближайшего заряда, м;
 m – коэффициент, зависящий от условий расположения охраняемого объекта относительно линии зарядов.

При $m = 0,65$ и одновременном взрыве десяти зарядов, расположенных на расстоянии $0,65r_0$ друг от друга, скорость колебания грунта (бетона) на границе охраняемого объекта увеличится на 10% по сравнению со скоростью колебаний при взрыве только одного, ближайшего к границе объекта заряда. Таким увеличением скорости колебаний можно пренебречь, т.е. сейсмическое действие при $a > 0,65r_0$ будет определяться ближайшим к охраняемому объекту зарядом. Если охраняемый объект расположен перпендикулярно цепочке зарядов, указанное условие будет выполняться при $m > 1,5$.

На практике ряды шпуровых (скважинных) зарядов целесообразно располагать перпендикулярно охраняемому объекту. В этом случае суммарная скорость колебаний ϑ на границе охраняемого объекта:

$$\vartheta = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q_i}}{r_i} \right)^2 \cdot \sqrt{\beta}, \quad (7.15)$$

где: Q_i – масса i -того одиночного заряда, кг;
 r_i – расстояние до i -того заряда, м.

$$\beta = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{(1 + i_m)^4}. \quad (7.16)$$

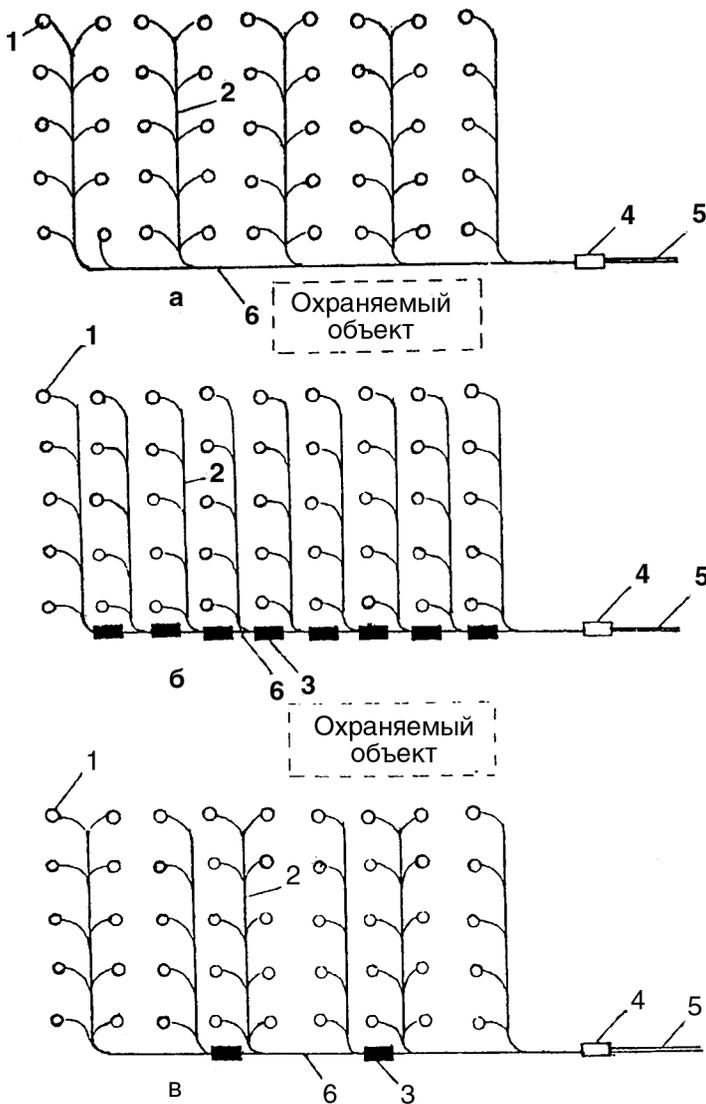


Рис. 7.1. Схема монтажа взрывной сети при взрывании фундаментов;

а – мгновенное взрывание; б, в – короткозамедленное взрывание;
 1 – шпуровые заряды; 2 – ДШ; 3 – КЗДШ; 4 – КД;
 5 – ОШ; 6 – взрывная сеть

Если задана критическая скорость колебания грунта, то сейсмо-
 безопасная масса единичного заряда:

$$Q_1 = \left[\left(\frac{\vartheta_{кр}}{K \sqrt{\beta}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot r_0 \right]^3, \quad (7.17)$$

где: $\vartheta_{кр}$ – безопасная скорость колебания грунта в основании охраняемого объекта, см/с.

При использовании простейших типов ВВ в сейсмобезопасной зоне дальность разлета осколков раздробленного материала уменьшается, а интенсивность излучаемых воздушных волн снижается. При этом появляется возможность использования более дешевых легких укрытий (например, деревянных щитов).

Сейсмические экраны устраиваются перед охраняемыми объектами на пути распространения сейсмических волн в виде выемок или сред с отличными от взрываемого массива акустическими свойствами.

Если необходимо сохранить определенную часть конструкции, используют особый тип сейсмического экрана – щель предварительного откола, которая образуется в результате взрыва зарядов контурных шпуров (скважин), набуренных с определенным шагом. Конструкция контурных зарядов приведена в “Технических правилах ведения взрывных работ на дневной поверхности” и составляет 0,2–0,6 кг/м в зависимости от крепости пород.

Эффективность экрана В (степень экранизации, рис. 7.2):

$$B = \frac{11 \dots 35}{r} \mu, \quad (7.18)$$

где: r – расстояние от рассматриваемой точки за экраном до взрываемого заряда, м;

μ – коэффициент, зависящий от отношения l/H (l – глубина скважины, H – глубина экрана).

l/H	0,3	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6
μ	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7

Большее значение постоянного коэффициента относится к случаям взрывов в скальных породах и в бетоне, меньшее значение – в известняках, песчаниках и т.п.

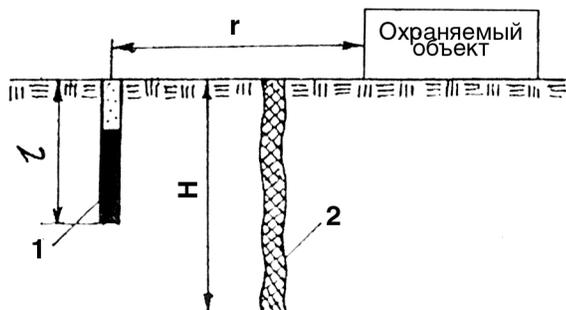


Рис. 7.2. Схема расположения заряда и щели предварительного откола:
1 – заряд ВВ; 2 – щель предварительного откола

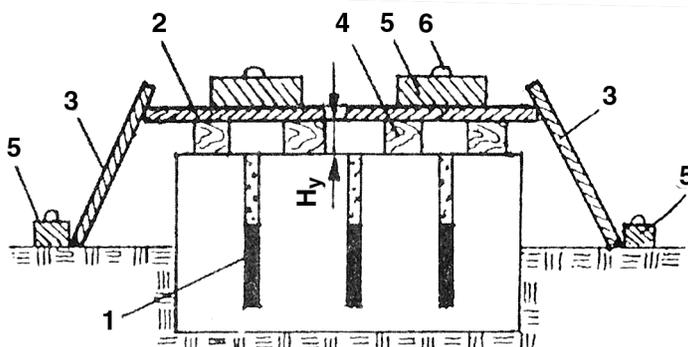


Рис. 7.3. Схема окопки разрушаемого взрывом фундамента:
1 – фундамент; 2 – снимаемый взрывом слой; 3 – шпуровой заряд;
4 – траншея; 5 – луч распространяющейся сейсмической волны при
отсутствии экрана; 6 – луч, распространяющийся при откопке фунда-
мента; 7 – охраняемый объект

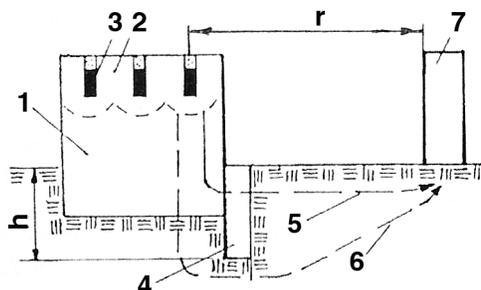


Рис. 7.4. Установка сплошного щитового укрытия на фундаменте:
1 – шпуровые заряды; 2 – горизонтальное щитовое укрытие;
3 – боковое укрытие; 4 – деревянный брус; 5 – пригруз;
6 – проушины для подъема укрытия

С целью ослабления сейсмической волны за счет создания более длинного подхода ее к охраняемому объекту делается окопка взрывааемых фундаментов.

Степень экранизации B применительно к ситуации, приведенной на рис. 7.3:

$$B = \left(\frac{\sqrt{r^2 + h^2} + h}{r} \right)^{1,5}, \quad (7.19)$$

где: h – глубина траншеи, м.

7.4. Защитные укрытия места взрыва

Они устраиваются для защиты охраняемых объектов в опасной зоне при взрывных работах в стесненных условиях. Подразделяются на сплошные и газопроницаемые, которые конструктивно могут быть выполнены в виде различных щитов, сеток, локализаторов, домиков, арок, матов и изготовлены из различных материалов (металлических и железобетонных элементов, досок, бревен, мешков с песком, капроновых сетей и др.).

При дроблении железобетонных фундаментов в стесненных условиях на промышленных предприятиях применяются сплошные щитовые укрытия из металлических листов, деревянные щиты из досок или бревен с пригрузом (рис. 7.4).

Масса M , т сплошного щитового укрытия, устанавливаемого над зарядом (с учетом перекрытия взрывааемого участка):

$$M = 10^3 \frac{N_T^3 \sqrt{N_T}}{W} \cdot \frac{H_9}{H_y}, \quad (7.20)$$

$$\text{где: } N_T = \frac{d}{l_{\text{заб}}} \sqrt[3]{Q};$$

Q – масса заряда ВВ, кг;

d – диаметр заряда, м;

$l_{\text{заб}}$ – длина забойки, м;

$W = l_{\text{заб}} + 0,5 l_{\text{зар}}$ – линия наименьшего сопротивления, м;

$l_{\text{зар}}$ – длина заряда, м;

H_y – высота фактической установки укрытия, м ($H_y \geq 0,25$ м);

H_9 – эффективная высота установки, м, $H_9 = 0,22 K \cdot H$;

K – расчетный удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м³;

H – мощность взрывааемого слоя, м.

Укрытие должно перекрывать поверхность взрываемого массива (от крайних зарядов) на величину $H_{\text{пер}}$:

$$H_{\text{пер}} = \alpha \left(1 - \frac{r_p}{R_p} \right) (W + H_y), \quad (7.21)$$

где: α – коэффициент, зависящий от схемы КЗВ ($\alpha = 2,05$ при поскважинном замедлении, $\alpha = 2,25$ при врубовой схеме, $\alpha = 2,35$ при порядном и мгновенном взрывании);

r_p – допустимый радиус разлета кусков при взрывании с укрытием, м;

R_p – радиус разлета кусков при взрывании без укрытия, м.

Для укрытия места взрыва при устройстве котлованов и траншей применяют щиты из металла и дерева, мешки с песком, локализаторы, сетки и др.

Масса 1 м^2 сплошного укрытия M_y , кг из мешков или насыпного грунта, располагаемых непосредственно на взрываемой поверхности:

$$M_y = 0,33j \cdot W, \quad (7.22)$$

где: j – плотность взрываемого грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$ (песок – 2,4, доломит – 2,5, гранит – 2,8).

Мощность слоя грунтового укрытия h , м:

$$h = \frac{0,33W_j \cdot K_{\text{раз}}}{j_y}, \quad (7.23)$$

где: $K_{\text{раз}}$ – коэффициент разрыхления грунта, используемого для укрытия (определяется опытным путем);

j_y – плотность материала укрытия, $\text{кг}/\text{м}^3$ (сосна – 0,5, металл – 7,8, железобетон – 2,2).

Локализаторы взрывов применяют, в основном, при небольших объемах работ для исключения разлета кусков взрываемых пород. Размеры рамы локализатора должны превышать размеры воронки не менее, чем на 0,5 м по всему периметру. Масса данного локализатора $M_{\text{л}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$M_{\text{л}} = \frac{2Q}{I_{\text{СКВ}} \cdot h(R_p + 1,6)}, \quad (7.24)$$

где: Q – масса заряда ВВ, кг;
 h – высота воздушного зазора между локализатором и грунтом, м;
 R_p – допустимый радиус разлета осколков, м;
 $l_{скв}$ – длина скважины, м.

При обрушении зданий и сооружений взрывным способом в качестве укрытий используют деревянные щиты, устанавливаемые с наружной стороны объекта так, чтобы граница зоны подбоя перекрывалась ими со всех сторон не менее, чем на 0,5 м, а нижняя часть щитов отстояла от стены на 0,5 м. Толщина деревянных щитов должна быть не менее 50 мм. Щиты связываются между собой проволокой.

При обрушении зданий и сооружений в районах густой застройки в целях гарантированного исключения разлета кусков за пределы укрытия пространство между щитами укрытия и стеной обрушаемого сооружения заполняют песком, мокрыми опилками или другим инертным материалом.

При использовании сетчатых укрытий (панцирные сетки, сетки “Рабица”, сетки из синтетических материалов и т.п.) их располагают непосредственно на взрываваемой поверхности. Концы сетчатых укрытий (за пределами расчетных границ разрушения взрываваемого массива) надежно пригружаются или закрепляются в грунте.

Укрытия из транспортерных лент и других нетканых материалов применяют для укрытия мест взрыва шпуровых зарядов, в труднодоступных местах и на вертикальных участках при обрушении зданий, дроблении фундаментов, разрушении металла и т.п.

8. Основы организации производства взрывных работ

8.1. Организация сбора данных об аварийных объектах

При возникновении ЧС начальники штабов и штабы по делам ГО ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий всех степеней в кратчайшие сроки организуют разведку места ЧС. Они должны конкретизировать и дополнять задачи разведки в подчиненных звеньях и выделять им дополнительные силы и средства из своего резерва.

Непосредственное руководство разведкой возлагается в главных управлениях по делам ГО ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий региональных центров краев, областей, городов на начальников оперативных отделов этих управлений. В остальных управлениях – на одного из офицеров (служащих). При получении сведений о стихийных бедствиях или угрозе их возникновения после доклада председателю комиссии по делам ЧС принимаются решения по проведению разведки. В состав разведгрупп, в зависимости от характера аварии или стихийного бедствия, могут включаться специалисты по взрывным работам.

Полученные разведданные поступают в группу обобщения информации и подготовки предложений. В ее состав должны включаться специалисты для выработки предложений о целесообразности (необходимости) взрывных работ.

Для сбора детальных сведений, необходимых для принятия решения по ликвидации ЧС, в том числе по применению ВР, проводится воздушная и детальная наземная инженерная разведка.

Воздушная инженерная разведка делается в случаях крупных землетрясений и наводнений, охватывающих значительные территории, при авариях на предприятиях атомной, оборонной и химической промышленности, сопровождающихся выбросом радиоактивных источников излучения, боеприпасов, токсичных, химических и отравляющих веществ, при ликвидации последствий стихийных бедствий (сели, снежные лавины, ледовые заторы, и т.п.) в труднодоступных горных районах и др.

Вертолеты (самолеты) выделяются, как правило, территориальными объединениями гражданской авиации из расчета: 1–2 вертолета (самолета) – для города (областного центра); 1 вертолет (самолет) – для каждого категорированного города, железнодорожного узла, зоны затопления; 1–2 вертолета (самолета) – для резерва администрации области.

Основной задачей воздушной (инженерной) разведки является определение полных масштабов стихийного бедствия или аварии с наглядным представлением ее результатов на фотосхемах или на карте, указание основных маршрутов передвижения тех-

ники для ликвидации последствий ЧС, мест размещения маневренных групп взрывников.

Воздушная инженерная разведка производится с серийного вертолета МИ-8т с использованием комплекта КРВ-М. При ограниченном времени или отсутствии комплектов КРВ-М воздушная инженерная разведка может проводиться аэровизуальным наблюдением.

Комплект разведки КРВ-М позволяет сделать плановое и перспективное аэрофотографирование маршрутов и объектов в районе ЧС. Полученные материалы дешифруются. В качестве отчетного документа представляется фотосхема с легендой.

Аэровизуальное наблюдение ведется с вертолета (самолета) невооруженным глазом или с помощью оптических средств. Основные объекты аэровизуального наблюдения в интересах производства взрывных работ в районе ЧС указываются старшим оперативной группы МЧС России при подготовке разведки. Такими объектами могут быть разрушенные жилые и промышленные здания, завалы на дорогах, люди в зонах затопления, радиоактивного заражения и т.п.

Результаты наблюдения наносятся на заранее подготовленную карту, записываются на магнитофон и передаются по радиоканалу в штаб по делам ГО ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий и доводятся до руководителя маневренной группы производства взрывных работ.

Наземная разведка проводится во всех случаях по целеуказаниям воздушной разведки или самостоятельно. Основными задачами ее являются поиск людей после разрушения жилых домов, общественных и промышленных зданий и сооружений, определение (измерение) характеристик объектов, уровня радиации, состояния дорог и коммуникаций. Разведывательные и поисковые приборы используются в соответствии с инструкциями по эксплуатации и руководствами по их применению.

По прибытии к месту ликвидации ЧС (стихийного бедствия) руководитель маневренной группы изучает имеющуюся информацию, организует детальную инженерную разведку аварийного объекта (района) для сбора конкретных данных по подготовке предложений старшему оперативной группы о целесообразности и возможности безопасного применения взрыва, а также данных для разработки проектной документации и графика работ.

Для принятия решения и разработки проектной документации по производству взрывных работ детальная инженерная разведка должна установить следующие параметры.

При ледяных заторах на реках: параметры реки, глубина ее промерзания на различных участках, толщина льда, возможности движения техники по льду, места расположения точек (площадей) опирания ледовых массивов и т.п.

При наводнениях: размеры затопленной местности, состояние защитных дамб и мест их прорыва, возможные пути (направления) отвода воды, состояние дорог и др.

При селевых потоках: состояние подъездных путей, параметры селевого потока, масштабы разрушения дорог и населенных пунктов, возможности доставки средств механизации, возможность взрыва перемычек и дамб с целью изменения направления селевого потока и др.

При сходе (угрозе схода) снежных лавин: состояние подъездных путей, масштабы разрушения дорог и населенных пунктов, возможность подъезда к месту ВР, высота снега в лавине и др.

При землетрясениях: наличие людей в завалах, состояние обрушенных и аварийных зданий и сооружений, материалы конструкций и параметры зданий, подготавливаемых к взрыву, техническое состояние и расстояние до ближайших охраняемых объектов (уцелевших жилых домов, предприятий, сооружений, коммуникаций и т.п.), маршруты движения техники, проходимость дорог, наличие завалов и возможности их объезда.

По окончании разведки заполняется карточка детальной инженерной разведки аварийного объекта.

8.2. Функциональные обязанности должностных лиц по организации взрывных работ

Выполнение работ и мероприятий на аварийных объектах (в районах стихийных бедствий) по ликвидации чрезвычайных ситуаций организует специальная комиссия под руководством главы администрации или его заместителя. Председатель комиссии, учитывая условия обстановки в ЧС, имеет право принимать решение по сносу (ликвидации) аварийных объектов, в том числе взрывным способом. Такое решение принимается при наличии согласованной и утвержденной проектной документации и разрешения органов Госгортехнадзора на производство взрывных работ.

Старший оперативный группы по ликвидации ЧС, прибыв на место аварии (стихийного бедствия):

- принимает участие в работе комиссии по ликвидации ЧС;
- организует сбор данных об оперативной обстановке, детальную инженерную разведку аварийного объекта (района), взаимодействие с органами МВД и местными организациями;
- представляет председателю комиссии по ликвидации ЧС предложения о целесообразности и возможности применения взрывов, проектную документацию на их производство и разрешение органов Госгортехнадзора на производство взрывных работ на объекте;

- отдает приказ на производство ВР (очистку местности от ВОП), организует проверку качества выполняемых работ, своевременное оцепление опасной зоны. При готовности отдает команду на взрыв, после осмотра места взрыва руководителем работ разрешает продолжение аварийно-спасательных работ на объекте.

Командир маневренной группы взрывных работ (руководитель взрывных работ) по прибытии на аварийный объект изучает обстановку, получает техническую документацию аварийного объекта. По указанию старшего оперативной группы выделяет необходимые силы и средства в группу детальной инженерной разведки и руководит ее действиями, представляет в оперативную группу карточку инженерной разведки, принимает участие в согласовании проекта работ. Получив приказ на производство взрыва, объявляет его личному составу, выставляет оцепление опасной зоны и, в соответствии с утвержденным проектом ВР, руководит подготовкой объекта к взрыву. Содержание проекта доводится до всего персонала под роспись. По команде старшего оперативной группы производит взрыв объекта, осматривает место взрыва и докладывает ему о возможности безопасного продолжения работ на объекте.

Главный специалист по ВР с группой проектировщиков прибывает на аварийный объект (в район ЧС) в составе оперативной группы, оценивает обстановку, принимает участие в деятельности группы детальной инженерной разведки. По ее результатам готовит предложения старшему оперативной группы о целесообразности и возможности применения взрыва на аварийном объекте в установленные сроки. Получив приказ о производстве ВР, руководит разработкой и согласованием со всеми службами проектной документации, получает разрешение органов Госгортехнадзора (ГГТН) на взрывные работы, осуществляет авторский надзор за их производством.

Представитель местного органа ГГТН принимает участие в организации взаимодействия при согласовании проектной документации и оформляет разрешение на производство взрывных работ.

8.3. Основные требования и рекомендации по применению взрывчатых материалов в чрезвычайных ситуациях

Организации, предприятия и учреждения МЧС России на федеральном и региональном уровнях (в дальнейшем – предприятия), привлекаемые к проектированию, производству ВР и к работам с ВМ в чрезвычайных ситуациях, связанные с перевозкой, хранением, использованием и учетом ВМ, руководствуются в своей деятельности требованиями “Единых правил безопасности при взрывных работах” и должны иметь на эти виды деятельности специальные разрешения (лицензии).

Службы и подразделения МЧС России, выполняющие ВР в чрезвычайных ситуациях, разрабатывают соответствующую проектную документацию и должны иметь склады и специальный транспорт для перевозки ВМ, исполнителей и руководителей взрывных работ, утвержденных и согласованных с органами ГГТН.

Получение разрешений на производство ВР (работ с ВМ), приобретение и хранение ВМ должно быть в соответствии с Инструкцией о порядке хранения, транспортировки, использования и учета ВМ, приведенной в “Единых правилах безопасности при взрывных работах”.

При производстве ВР в условиях чрезвычайных ситуаций разрешается использовать только те ВМ, средства механизации ВР, взрывные и контрольно-измерительные приборы, устройства и аппаратуру ВР, упаковку ВМ, на которые есть стандарты (ТУ) и разрешения ГГТН. Не отвечающие требованиям указанных документов средства использовать запрещается.

Взрывные работы при ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий проводятся с использованием промышленных взрывчатых материалов, в том числе кумулятивных зарядов, предназначенных для производства специальных ВР на открытых работах. Промышленные ВМ применяются в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Для снижения взрывных нагрузок на охраняемые объекты при взрывах большого количества зарядов с применением короткозамедленного взрывания может использоваться конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200 (разрешение на применение ГГТН России № 542-ЭН от 29.05.97 г.).

Кроме того, в условиях ЧС могут быть использованы некоторые инженерные боеприпасы, на которые разработаны и согласованы технические условия, руководства по их применению и получено разрешение Федерального горного и промышленного надзора России (№ 08-10/532 от 20.10.94 г.) об их допуске к применению специализированными подразделениями МЧС России и специализированным предприятием ООО “ЮНИ-ЭКСПЛ”. К этим средствам относятся: кумулятивные заряды КЗ-4, КЗ-5, КЗ-6, КЗ-7, КЗ-ТМК-2, КЗУ, КЗУ-2 по ТУ 7272-001-17393707-94 (БИКТ 77,1662.002. ТУ); стандартные заряды СЗ-4п по ТУ 7272-003-17393707-94 (БИКТ 771662.003. ТУ); заряды З-ЗРП по ТУ 7272-002-13793707-94 (БИКТ 771662.004. ТУ).

Перечисленные инженерные боеприпасы предназначены для разрушения конструкций из металла, бетона и железобетона на земной поверхности. Они должны применяться с соблюдением требований соответствующих руководств и Единых правил безопасности при взрывных работах.

По степени опасности при обращении с ними указанные заряды относятся к классу 1, подклассу 1.1., группе совместимости Д.

Код экстренных мер – 24э. Для зарядов КЗ номер ООН-0054, номер аварийной карточки 701. Для зарядов СЗ-4п и З-ЗРП номер ООН-0048, номер аварийной карточки 712.

Взрывчатые материалы необходимо хранить в складах, в помещениях и других местах в соответствии с Инструкцией по устройству и эксплуатации складов ВМ, приведенной в Единых правилах безопасности при производстве взрывных работ.

На должность заведующих складами ВМ назначаются лица, имеющие право на руководство взрывными работами или окончившие ВУЗы (техникумы) по специальности изготовления и испытания ВВ. Зав. складами могут быть взрывники, прошедшие обучение по специальной программе подготовки заведующих складами ВМ, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и получившие соответствующее удостоверение.

На подвижном складе ВМ обязанности заведующего складом могут быть возложены на лицо охраны, водителя автомобиля и на других лиц, имеющих среднее образование, прошедших подготовку по программе для заведующих подвижными складами ВМ и сдавших экзамены квалификационной комиссии.

Заведующий складом ВМ не имеет права выполнять взрывные работы. Взрывникам, проводящим ВР, запрещается выполнять обязанности заведующего подвижным складом ВМ.

Взрывчатые материалы, приборы, имущество и другие средства для сокращения сроков подготовки их к непосредственному применению должны храниться на соответствующих складах в виде целевых возимых комплектов.

Возимые комплекты включают набор средств, необходимых для выполнения следующих задач:

- ведение инженерной разведки аварийных объектов с целью сбора детальных данных для разрушения их взрывным способом;
- проделывание проходов-троп взрывным способом;
- производство ВР по обрушению аварийных зданий и сооружений;
- производство ВР по разрушению конструкций из бетона, железобетона и металла;
- производство ВР с использованием удлиненных зарядов для разрушения элементов конструкций из различных материалов;
- производство буровых работ для устройства шпуров и т.п.;
- инструменты, приспособления, химические источники электропитания приборов и др.

8.4. Требования к проектной документации по производству взрывных работ

Взрывание зарядов ВВ в чрезвычайных ситуациях должно проводиться по следующей проектной (технической) документации: про-

ект, краткий проект, типовой проект, технологическая карта производства буровзрывных (взрывных) работ, паспорт или схема взрыва.

Проект производства буровзрывных (взрывных) работ (ППР) необходимо составлять для взрывания скважинных, камерных, котловых и шпуровых зарядов, в том числе при взрывах аварийных строительных объектов, при валке аварийных зданий и сооружений, на дноуглубительных, ледоходных работах и на болотах, подводных взрывах, взрывании горячих массивов и при производстве специальных работ.

Проект производства буровзрывных работ, например, на строительном объекте должен включать следующие материалы:

- общие сведения об объекте: характеристика разрушаемого объекта, взаимное расположение объекта и близлежащих зданий и сооружений (на ситуационном плане), наличие бурового оборудования, компрессорного хозяйства, электроэнергии, складов ВМ и автотранспорта для их перевозки, климатические и другие условия проведения работ;
- объемы работ и их характеристики: объемы работ, характеристики конструкций и материалов (марки бетона, характеристика кирпичной кладки, наличие арматуры, пустот и др.);
- обоснование принимаемых решений (сравнение вариантов по объему работ, расходу ВМ, затратам труда и др.);
- расчет зарядов, их расположение, способы взрывания, расчет и монтажные схемы взрывных сетей;
- организации ВР: должностные лица, руководящие работами, режим и способы буровых и взрывных работ, время их выполнения, состав бригад, доставка и хранение ВМ, способы разработки и удаления взорванной массы;
- меры безопасности: согласование проекта с администрацией объекта и заинтересованными организациями, определение радиусов опасных зон по разлету осколков, сейсмическому воздействию и действию воздушной ударной волны, мероприятия по защите от всех факторов взрыва, блуждающих токов и токов наведения, количество и места расположения постов оповещения (на ситуационном плане), порядок и сигналы оповещения, вывод людей и механизмов из опасной зоны;
- технико-экономические показатели;
- графики выполнения работ, данные о составе и оснащении бригад.

ППР разрабатывается специализированной организацией, имеющей лицензию, утверждается председателем комиссии по ликвидации ЧС и руководителем проектной организации, согласовывается с администрацией аварийного объекта и другими заинтересованными организациями. При необходимости проект-

ная документация проходит экспертизу специалистов и представляется в местные органы Госгортехнадзора.

Все изменения и дополнения вносятся в ППР с разрешения лица, утвердившего проектную документацию, в случае необходимости они должны согласовываться с проектной организацией и контролирующими органами.

Типовой проект производства буровзрывных работ разрабатывается заблаговременно в полном объеме в случаях, когда имеется большое количество однотипных объектов, подлежащих взрывному разрушению. Он является базовым документом для разработки проектов (кратких проектов), паспортов и схем.

Типовой проект производства буровзрывных работ по обрушению аварийных зданий должен включать характеристику обрушаемых сооружений, решение задания, расчет параметров зарядов различными методами, схему монтажа взрывной сети, расчет безопасных режимов взрывания по сейсмическому действию взрыва и по сейсмическому эффекту при обрушении сооружений, по действию ударных воздушных волн взрывов и определение радиуса опасной зоны при производстве ВР, организацию работ и меры безопасности, расход взрывматериалов, паспорт взрыва при обрушении здания и графическую часть.

Типовой проект составляется проектной организацией, утверждается и вводится в действие приказом руководителя объекта (заблаговременно).

Паспорт взрыва разрабатывается на взрывные работы по разрушению отдельных небольших объектов, конструкций и должен включать:

- схему расположения шпуров или наружных зарядов, наименование ВМ, данные о способе заряжания, количестве, глубине и диаметре шпуров, массе и конструкции зарядов, материале забойки, длине зажигательных и контрольных трубок, схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети;
- величину радиуса опасной зоны;
- указания о местах укрытия взрывников и рабочих, о расстановке постов охраны и оцепления и др.

Паспорт взрыва разрабатывается специалистами организации, ведущей взрывные работы, согласуется с автором проекта и утверждается руководителем ВР.

Схема взрыва составляется на разовые взрывы отдельных зарядов, а также для ликвидации отказавших зарядов. Она составляется и подписывается руководителем ВР.

В схеме указывается расположение шпуров, масса и конструкция зарядов, места расположения постов и укрытия взрывников, необходимые дополнительные меры безопасности.

Краткий проект (краткий типовой проект) производства взрывных работ разрабатывается на основе типовых проектов в условиях ограниченного времени на проектирование и включает все основные данные, необходимые для выполнения работ в полном объеме. В отличие от полного ППР, в кратком проекте могут отсутствовать технико-экономические показатели, подробный расчет и потребности сил, механизмов и др., а техническая и графическая части проекта разрабатываются в сжатом виде.

Технологические карты используются для разработки проектов (кратких проектов) производства буровзрывных работ при обрушении аварийных зданий и сооружений с привязкой к конкретному объекту и особым условиям производства работ в чрезвычайной ситуации.

Привязка к местным условиям заключается в выборе из предусмотренных технологическими картами вариантов решения задания, в наибольшей мере соответствующих фактическим условиям и обеспечивающих их высокую эффективность и безопасность работ.

При разработке проектной документации с использованием технологических карт расчет параметров зарядов можно не делать, а приводить готовые рекомендации технологических карт без дополнительного их обоснования. В случае необходимости в проекте могут разрабатываться меры безопасности и специально обосновываться границы опасных зон, уточняться расходы ВМ и других средств. Графическая часть проектов, разрабатываемых на основе технологических карт, подготавливается в необходимом объеме с использованием имеющихся в картах готовых решений.

При необходимости организации буровзрывных работ в сжатые сроки (от нескольких часов до нескольких дней после возникновения чрезвычайной ситуации или необходимости аварийной ликвидации ее последствий) могут использоваться стандартные готовые решения, отраженные в технологических картах, типовых проектах или проектах ВР на объекты, аналогичные объектам, подлежащим взрыванию в условиях чрезвычайной ситуации. В этом случае проводят оценку вредных эффектов взрывов на охраняемые объекты, уточняют границу опасной зоны, дают обоснование безопасных режимов взрывания. При выборе параметров зарядов и метода взрывных работ руководствуются разработанными ранее готовыми решениями.

При проведении работ в сжатые сроки проектная документация утверждается непосредственно председателем комиссии по ликвидации ЧС и им же дается разрешение на производство взрывов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Блейман И.Л. Производство массовых взрывов. М.: Недра, 1977 г.
2. Аверьянов А.И., Гребенюк А.М., Жмак Е.А., Кокин А.В. Проект производства БВР при обрушении разноэтажного кирпичного здания (г. Ярославль, ул. Андропова 27/19). М., 1998 г.
3. Афонин В.Г., Гейман Л.М., Комир В.М. Справочное руководство по взрывным работам в строительстве. Киев: Будивельник, 1974 г.
4. Барон В.Л., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. М.: Недра, 1989 г.
5. Бахтин А.В., Ганопольский М.И., Куприянов Ю.А. Направленное обрушение здания опытной батареи / Монтаж. и спец. строит. работы. Сер., Специальные строительные работы; Экспресс-информ. 1988 г., вып. 2.
6. Башкуев Э.Б., Бейсебаев А.М., Богацкий В.Ф. и др. Проектирование взрывных работ в промышленности. М.: Недра, 1983 г.
7. Беспастнов В.А. Предупреждение аварий в химических производствах. М.: Химия, 1970 г.
8. Богородский В.В., Гаврилов В.П. Разрушение льда. Л.: Гидрометеоздат, 1983 г.
9. Борычев В.М. Разрушение железобетонных конструкцийкумулятивными зарядами / Монтаж. и спец. строит. работы. Сер., Специальные строительные работы; Экспресс-информ. 1987 г., вып. 7.
10. Вайхельт Ф. Руководство по промышленным взрывным работам. М.: Госстройиздат, 1960 г.
11. Ворович Б.А. Преодоление снежных заграждений при подготовке и содержании путей движения войск в условиях лавинной опасности и защиты горных перевалов. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1985 г.
12. Ганопольский М.И., Смолий Н.И., Дроговейко И.З., Гагаринский В.П. Совершенствование буровзрывных работ при реконструкции предприятий/ Монтаж. и спец. работы. Сер., Спец. строительные работы. Обзорная информация, 1989 г., вып. 2.
13. Гильманов Р.А., Клюквин Е.И., Смолий Н.И. Взрывной метод разработки фундаментов / Монтаж. и спец. работы в строительстве. 1982 г., № 11.
14. Горошников В.А. Мероприятия по борьбе с заторами льда на реках. Военно-инженерный журнал, № 2, М.: Воениздат, 1959 г.
15. Гребенюк А.М. Применение взрыва при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в период июль—август 1996 года. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1996 г.

16. Гребенюк А.М. Проект производства взрывных работ по дроблению железобетонных фундаментов при реконструкции прокатного стана 250-2 Макеевского металлургического комбината им. С.М. Кирова. М., 1993 г.
17. Гребенюк А.М. Проект производства взрывных работ по валке углеперегрузателя ТЭЦ № 11 Мосэнерго. М., 1997 г.
18. Гребенюк А.М. Проект производства БВР при обрушении кирпичного дома (г. Москва, военный городок № 7, корп. 1). М., 1998 г.
19. Гребенюк А.М. Рекомендации по применению взрыва и очистке местности от взрывоопасных предметов в чрезвычайных ситуациях. М., 1999 г.
20. Грифельт Э. Режим работы и эксплуатации ТЭЦ. М.: Энергия, 1980 г.
21. Грузы опасные. Классификация и маркировка. ГОСТ 19433-88.
22. Густафссон Р. Шведская техника взрывных работ. М.: Недра, 1977 г.
23. Дроговейко И.З., Ганопольский М.И., Смолий Н.И. Руководство по проектированию и производству взрывных работ при реконструкции промышленных предприятий и гражданских сооружений (РТМ 36.9-88). М., 1988 г.
24. Единые правила безопасности при взрывных работах. М.: Недра, 1992 г.
25. Инструкции по производству взрывных работ с защитными укрытиями (сост. Дроговейко И.З., Барон В.Л. при участии Двоскина Е.М., Бахтина А.В.), 1987 г.
26. Корт Д., Липпок Д., Дексхаймер Р. Организация работ по сносу зданий. М.: Стройиздат, 1985 г.
27. Кременкулов В.А., Керенская Т.Л. Прогнозирование селей на трассе БАМ. Селевые потоки. Сб. 8, М.: Гидрометеиздат, 1984 г.
28. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологии в промышленности). М.: МГГУ, 1994 г.
29. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом. М.: МГИ, 1992 г.
30. Лихно Е.П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий. М.: Атомиздат, 1979 г.
31. Лурье А.И. Электрическое взрывание зарядов. М.: Недра, 1983 г.
32. Материалы по обобщению опыта ликвидации последствий катастрофы на железной дороге Челябинск–Уфа. Штаб ГО, МО, 1990 г.
33. Методическое пособие по борьбе с заторами и зажорами льда. Л.: Энергия, 1970 г.

34. Механизация технологических процессов взрывных работ. Взрывное дело. Сб. № 87/44 (под ред. Скоробогатова В.М., Кукина Б.Н., Заколицкого В.Л). М.: Недра, 1985 г.
35. Наставление по применению и действиям невоенизированных формирований Гражданской обороны. М.: Воениздат, 1979 г.
36. Наставление по производству взрывных работ при пропуске ледохода у инженерных сооружений железных дорог. Трансжилдориздат, 1966 г.
37. Николаев С.Е. Опыт разрушения льда направленным взрывом. Труды АА НИИ, том 300. Л.: Гидрометеиздат, 1972 г.
38. Николаев С.Е. Взрывание припайного льда в Антарктике. Инф. Бюллетень САЭ, вып. 51, 1971 г.
39. Новиков А.А. Землетрясения. М.: Наука, 1982 г.
40. Нормативный справочник по буровзрывным работам. М.: Недра, 1986 г.
41. Обнаружение, обезвреживание и уничтожение взрывоопасных предметов. М.: ГО СССР, 1989 г.
42. Опыт применения инженерных частей и подразделений по ликвидации последствий землетрясений в Армении. МО, 1989 г.
43. Пиротехнические (подрывные) работы. Учебное пособие. Часть I. Огневой и электрический способы взрывания. АГЗ г. Новогорск, 1996 г.
44. Пожарная техника: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР. Под ред. Я.С.Повзина, М., 1984 г.
45. Поляков И.С., Семигласов В.И., Качанов А.Я. Подготовка и содержание путей. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1991 г.
46. Поляков И.С., Вдович Б.А., Грисс Ю.В. Подготовка путей в условиях лавинной опасности и закрытых перевалов. М., в журн. Военный вестник № 10, 1985 г.
47. Производство взрывных работ по предупреждению и ликвидации ледовых заторов. Методическое пособие. М.: ВНИИ ГОЧС, 1999 г.
48. Правила безопасности при перевозке ВМ автомобильным транспортом. Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 08.11.94 г. № 57 М.: НПО ОБТ, 1995 г.
49. Производство специальных взрывных работ при реконструкции предприятий и гражданских сооружений за рубежом (обзор). Технический отчет № 2020 / Сост. Ганапольский М.И., М.: Фонды ЦПЭССЛ, 1988 г.
50. Рекомендации по хранению инженерных боеприпасов на складах. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1987 г.
51. Руководство по подрывным работам. М.: Воениздат, 1969 г.
52. Руководство по снеголавинным работам (временное). Л.: ГИМИЗ, 1965 г.

53. Руководство по применению комплекта разведки с вертолета КРВ-М. в/ч 12093, 1989 г.
54. Руководство по предупредительному спуску снежных лавин с применением артиллерийских систем КС-19. М.: ГИМИЗ, 1984 г.
55. Саламахин Г.М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1974 г.
56. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. Цейтман Я.И., Смалин Н.И. М.: Недра, 1981 г.
57. Способ разрушения элементов конструкций взрывом зарядов ВВ. Отчет по теме. М.: ВИА им. В.В. Куйбышева, 1989 г., 215 с.
58. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1996 г.
59. Справочник спасателя. Книга 1. Общие сведения о чрезвычайных ситуациях. Права и обязанности спасателей. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
60. Справочник спасателя. Книга 2. Спасательные работы при ликвидации последствий землетрясений, взрывов, бурь, смерчей и тайфунов. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
61. Справочник спасателя. Книга 3. Спасательные работы при ликвидации последствий обвалов, оползней, селей, снежных лавин. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
62. Справочник спасателя. Книга 4. Спасательные работы при ликвидации последствий наводнений, затоплений и цунами М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
63. Справочник спасателя. Книга 5. Спасательные и другие неотложные работы при пожарах. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
64. Справочник спасателя. Книга 6. Спасательные работы при ликвидации последствий химического заражения. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
65. Справочник спасателя. Книга 7. Спасательные работы по ликвидации последствий радиоактивных загрязнений. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995 г.
66. Справочник спасателя. Книга 8. Надводные и подводные спасательные работы. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1996 г.
67. Справочник по буровзрывным работам. Друкованый М.Ф., Дубнов Л.В., Миндели Э.О. и др. М.: Недра, 1976 г.
68. Средства инженерной разведки "Руководство по материальной части и применению". Книга 1. МО, 1978 г.
69. Тавризов В.М. Ликвидация заторов льда с использованием вертолетов. М.: Гидротехн.строительство, 1972 г., № 2.
70. Тавризов В.М. Взрывание льда. М.: Недра, 1986 г.

71. Тавризов В.М. Защита мостов и других объектов от ледохода. М.: Литература по строительству, 1971 г.
72. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. М.: Недра, 1972 г.
73. Уроки и выводы ликвидации последствий разрушительных землетрясений для ГО СССР. М.: Воениздат, 1989 г.
74. Фоменко В.Ф., Остриков В.И., Ганопольский М.И. Направленное обрушение железобетонной водонапорной башни / Монтаж. и спец. строит. работы. Сер., Специальные строительные работы; Экспресс-информ, 1987 г., вып. 9.
75. Хонин Р.В. О некоторых особенностях селевых процессов в очагах различных типов. Сб. Селевые потоки № 8, М.: Гидрометеиздат, 1984 г.
76. Храмовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений. М.: Наука, 1984 г.
77. Шойгу С.К. Не пустить беду на порог. Гражданская защита № 1. М., 1993 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные понятия и определения

Безопасные расстояния при взрывных работах определяются по специальным методикам для людей и оборудования. За пределами этих расстояний при выполнении взрыва в соответствии с проектом (паспортом) исключается травмирование людей и повреждение оборудования.

Бурение – процесс последовательного разрушения породы буровым инструментом на забое шпура или скважины и удаления продуктов разрушения на поверхность водой, воздухом или шнеками.

Буровзрывные работы – совокупность технологических операций, выполняемых при буровых и взрывных работах.

Взрывание – процесс инициирования зарядов в заданной последовательности способами, обеспечивающими безопасность и эффективность выполнения этих работ.

Взрывник – рабочий, имеющий определенный стаж работы на предприятии, образование; допущенный медицинской комиссией к обращению с ВМ; получивший “Единую книжку взрывника”, дающую ему право на самостоятельное получение ВМ и ведение взрывных работ.

Взрывные работы (ВР) – совокупность технологических операций по подготовке и производству взрыва: составление проекта, доставка ВМ на заряжаемый блок, зарядание и забойка скважин, шпуров и камер с установкой в них детонаторов, монтаж взрывной сети (цепи) и ее инициирование.

Взрывоопасные предметы (ВОП) – боеприпасы (авиационные бомбы, снаряды, гранаты, минометные мины, заряды взрывчатых веществ, патроны), инженерные мины и средства взрыва.

Взрывчатые вещества (ВВ) – химические соединения или механические смеси, которые под воздействием внешнего импульса (нагревание, удар, искры огня) способны взрываться. Взрыв ВВ протекает в форме детонации, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью по всей массе ВВ.

Взрывчатые материалы (ВМ) – совокупность ВВ и средств инициирования, включая промежуточные детонаторы. Классификация взрывов:

- *Физический*, вызываемый изменением физического состояния вещества; физическая детонация – процесс, возникающий при смешивании жидкостей с разными температурами.

- *Химический*, вызываемый быстрым химическим превращением веществ, при котором потенциальная химическая энергия переходит в тепловую и кинетическую энергию расширяющихся продуктов взрыва.
- *Детонационный*, при котором воспламенение последующих слоев ВВ происходит в результате сжатия и нагрева ударной волной, при этом ударная волна и зона химической реакции следуют непрерывно друг за другом с постоянной сверхзвуковой скоростью.
- *Дефлаграционный*, при котором нагрев и воспламенение последующих слоев ВВ происходит в результате диффузии и теплопередачи, характеризующейся тем, что фронт волны сжатия и фронт пламени движутся с дозвуковой скоростью.
- *Сосредоточенный* – это взрыв конденсированного ВВ или конденсированной взрывоопасной системы.
- *Объемный* – это детонационный или дефлаграционный взрыв газоздушных, пылевоздушных и пылегазовых облаков.
- Взрыв *пылевоздушной (пылегазовой)* смеси, при котором первоначальный иницирующий импульс способствует возмущению пыли (газа), что приводит к последующему мощному взрыву.
- *Аварийный взрыв* – это взрыв, происходящий в результате нарушения технологий производства, ошибок обслуживающего персонала, либо ошибок, допущенных при проектировании.

Взрывная сеть – соединение по определенной схеме инициаторов наружных, шпуровых, скважинных или камерных зарядов. При электрическом и электроогневом взрывании это сеть из проводов с подсоединенным к ней источником тока. При взрывании детонирующим шнуром это магистральные линии ДШ с подсоединенными к ним отрезками ДШ от боевиков зарядов ВВ.

Внутренний заряд – заряд, размещенный внутри взрываемо-го объекта, в шпурах, скважинах или камерах.

Детонатор – средство для возбуждения детонации в заряде промышленного ВВ. Это штатные СИ (КД, ЭД и ДШ), патроны боевики и промежуточные детонаторы.

Детонация – распространение взрыва по заряду ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью, обусловленное прохождением детонационной волны.

Детонационная волна (ДВ) – ударная волна сжатия, распространяющаяся по заряду со сверхзвуковой постоянной скоростью, обеспечивающая возникновение за передним фронтом волны быстрой химической реакции ВВ, т.е. детонационная волна

представляет собой совокупность ударной волны и следующей за ней зоны химического превращения ВВ.

Детонирующий шнур (ДШ) – шнур с сердцевинкой из мощного чувствительного ВВ, предназначенный для инициирования зарядов ВВ непосредственно или с помощью промежуточных детонаторов. Взрывается от КД или ЭД.

“Единая книжка взрывника” (ЕКВ) – удостоверение, получаемое рабочим, имеющим производственный стаж, после обучения на курсах, сдачи квалификационной комиссии экзамена и прохождения месячной стажировки под руководством опытного взрывника, дающее ему право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ.

Забойка – процесс заполнения свободной части зарядной полости (шпура, скважины или камеры) инертным забоечным материалом, препятствующим при взрыве преждевременному вылету из нее газов взрыва. Так же называют инертный материал для производства забойки (песок, глина, мелкая порода и т.д.).

Зажигательная трубка (ЗТП) – капсуль-детонатор с введенным и закрепленным в нем отрезком огнепроводного шнура – предназначена для огневого или электроогневого инициирования зарядов ВВ.

Зажигательный патрон – картонный стаканчик с пороховой зажигательной лепешкой на дне, позволяющей поджигать одновременно несколько отрезков шнуров зажигательных трубок.

Заряд ВВ – определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, с введенным в него инициатором. Величина (масса) заряда указывается в килограммах или тоннах.

Заряжание – процесс размещения заряда в зарядной камере.

Капсуль-детонатор (КД) – небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещенный в металлической или картонной гильзе.

Короткозамедленное взрывание (КЗВ) – поочередное взрывание зарядов или групп зарядов ВВ с интервалом замедления до 250 мс. При КЗВ применяются короткозамедленные электродетонаторы (ЭДКЗ) и короткозамедленный детонирующий шнур (КЗДШ) – реле пиротехническое (РП).

Линия наименьшего сопротивления (ЛНС) – расстояние от центра (оси) заряда до ближайшей открытой поверхности.

Мастер-взрывник – рабочий-взрывник, имеющий право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ в условиях угольных шахт, опасных по взрыву газа и пыли. Имеет большой стаж работы, чем взрывник.

Накладной (наружный) заряд – заряд, размещаемый на взрываемом объекте.

Огневое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются взрывником непосредственно или с использованием зажигательных патронов.

Огнепроводный шнур (ОШ) – шнур с прессованной пороховой сердцевинкой, которая горит с определенной скоростью. Предназначен для инициирования капсюлей-детонаторов через требуемое время с момента поджигания шнура.

Очистка местности от ВОП включает следующие мероприятия: проведение разъяснительной работы среди населения о мерах безопасности и правилах поведения при обнаружении ВОП; организацию разведки местности (объектов); планирование и организацию выполнения задач по выявлению и уничтожению ВОП; поиск и уничтожение ВОП; учет и отчетность по выполненным задачам.

Патрон-боевик – патрон ВВ с введенным в него КД, ЭД или обвязанный детонирующим шнуром. От патрона-боевика детонируют остальные патроны ВВ в заряде.

Персонал для взрывных работ – инженерно-технические работники, взрывники и вспомогательные рабочие, которые руководят подготовкой и организацией проведения взрыва, выполняют зарядание, забойку зарядов, монтаж и проверку взрывных сетей, охрану запретной и опасной зон, подачу сигналов, осматривают и обеспечивают приведение забоя в безопасное состояние, ликвидируют в случае обнаружения отказавшие заряды.

Персонал для очистки местности от ВОП – инженерно-технические работники, операторы по поиску, обнаружению, обезвреживанию и уничтожению ВОП и вспомогательные рабочие, которые последовательно выполняют все мероприятия по очистке местности от ВОП.

Промежуточный детонатор (ПД) – небольшой заряд ВВ (от 0,2 до нескольких килограммов), предназначенный для инициирования зарядов низко чувствительных промышленных ВВ (гранулированных, водосодержащих), которые не детонируют от штатных средств инициирования. ПД безотказно детонирует от штатных средств инициирования.

Рассредоточенный заряд – заряд, отдельные части которого разделены промежутками (участками) воздуха, воды, породы, дерева и т.п.

Сейсмические волны – ударные волны, которые распространяются от центра взрыва в грунте (горной породе, бетоне) и могут вызывать опасные сотрясения сооружений. Критерий сейсмической опасности взрывов – скорость колебания грунта у основания сооружений, зависящая от массы заряда, расстояния, условий взрывания.

Скважина – искусственное цилиндрическое углубление диаметром более 75 мм при глубине до 5 м и любого диаметра при глубине более 5 м, пробуренное, как правило, буровым станком.

Сосредоточенный заряд – заряд, имеющий форму куба или шара. Он может иметь форму цилиндра, длина которого не превышает трех его диаметров, или параллелепипеда с тем же соотношением размеров. Если длина заряда больше указанных величин, то его называют **удлиненным (колонковым)**.

Специалист по очистке местности от ВОП – оператор по поиску, обнаружению, обезвреживанию и уничтожению ВОП – рабочий определенного возраста, допущенный медработниками к обращению с поисковыми приборами и взрывчатыми материалами.

Сплошной заряд – заряд, не разделенный промежутками.

Средства инициирования (СИ) (средства взрывания) – небольшие заряды высокочувствительных ВВ, размещенные в гильзах (капсюли и электродетонаторы) или шнурах (детонирующие шнуры) с вмонтированным в них или подсоединенным к ним средством возбуждения их детонации, которое порождает взрыв (детонацию) зарядов промышленных ВВ. Для низкочувствительных ВВ применяют промежуточные детонаторы массой 200–400 г, изготовленные из прессованного тротила или смеси тротила с гексогеном.

Ударная воздушная волна (УВ) – однократный скачок уплотнения, распространяющийся по среде со сверхзвуковой скоростью, на фронте которого происходит мгновенное изменение (увеличение) давления, плотности и температуры среды. При этом частицы среды движутся вслед за фронтом ударной волны.

Шпур – искусственное цилиндрическое углубление в горной породе или бетоне (кирпичной кладке), диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, пробуренное, как правило, бурильным молотком или сверлом.

Электродетонатор (ЭД) – совокупность капсуля-детонатора с вмонтированным в нем электровоспламенителем. В электродетонаторах короткозамедленного (ЭДКЗ) и замедленного действия между инициирующим ВВ и электровоспламенителем размещен замедляющий состав, сгорающий за строго определенное время.

Электрическое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью электродетонаторов, соединенных в электровзрывную сеть (цепь).

Электроогневое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются электровоспламенителями.

Электрозажигательный патрон – зажигательный патрон с вмонтированным в пороховой лепешке электровоспламенителем.

Справочник спасателя. Книга 10

Производство взрывных работ при проведении
аварийно-спасательных и других неотложных работ
в различных чрезвычайных ситуациях

Подписано в печать 01.08.06 Формат 60х90/16.
Тираж 1 500 экз. Зак.

Рекламно-издательский комплекс "Галерия"
107078, Москва, Садовая-Спасская, 20
Тел.: (495) 207-24-36, 975-58-22
www.galeria.ru
E-mail: galeria@galeria.ru