

СПРАВОЧНИК взрывника

Под общей редакцией профессора,
доктора технических наук
Б. Н. КУТУЗОВА



МОСКВА «НЕДРА» 1968

Авторы: Б. Н. Кутузов, В. М. Скоробогатов, И. Е. Ерофеев, В. Н. Мосин, Л. В. Дубнов, А. Г. Фридман, В. И. Пусачев, П. И. Кушнеров, В. И. Зенин, В. И. Стикачев, Б. И. Вайнштейн, Н. Р. Шевцов, В. М. Глоба

КУТУЗОВ Б. Н. и др.

Справочник взрывника/Б. Н. Кутузов, В. М. Ско-
робогатов, И. Е. Ерофеев и др.; Под общей ред.
Б. Н. Кутузова — М.: Недра, 1988. 511 с.: ил.

ISBN 5—247—01563—0

Приведены общие сведения о взрыве и промышленных взрывчатых веществах. Рассмотрены порядок получения разрешений на производство взрывных работ, классификация взрывчатых материалов по степени опасности в обращении, правила их перевозки и хранения, методы испытаний. Описаны средства и способы инициирования взрыва, свойства и классификация взрываемых сред, методы ведения взрывных работ. Изложены общие принципы расчета параметров и управления действием взрыва, вопросы механизации, организации и безопасности взрывных работ. Отмечены особенности техники и технологии взрывных работ на открытых и подземных разработках месторождений, в гидротехническом и транспортном строительстве, при строительстве газо- и нефтепроводов.

Для взрывников, мастеров-взрывников, прорабов и руководителей взрывных работ различных отраслей промышленности и строительства.

С 2502000000—044
043(01)—88 271—87

ББК 33.133

ISBN 5—247—01563—0

© Издательство «Недра», 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

39(10)

Для реализации решений XXVII съезда партии и последующих Пленумов ЦК КПСС по ускорению научно-технического прогресса в промышленности необходимо обеспечить коренное улучшение применяемой техники и технологии взрывных работ при добыче минерального сырья с учетом управления его качеством и получении требуемого гранулометрического состава взорванной горной массы, комплексности использования разрабатываемых месторождений и снижения вредного воздействия массовых взрывов на объекты, находящиеся в зоне действующих карьеров и рудников. При строительстве и эксплуатации горных предприятий необходимо не только получать заданные сечения подземных и открытых выработок, но и обеспечивать сохранность оставляемой по проекту части массива пород с обеспечением минимального вредного воздействия взрыва на окружающую природу.

Подготовка скальных горных пород к взрывке с использованием энергии взрыва на обозримую перспективу останется единственным универсальным, высокопроизводительным и относительно безопасным методом в горнодобывающих отраслях промышленности, гидротехническом, транспортном строительстве. Энергия взрыва применяется для сварки, резки, штамповки и упрочнения металлов, получения новых материалов и минералов и др.

За последние годы вышел ряд справочников: по буровзрывным работам на карьерах под ред. М. Ф. Друкованого (Наукова Думка, 1973), по буровзрывным работам под ред. М. Ф. Друкованого (Недра, 1976), по горнорудному делу под ред. В. А. Гребенюка, Я. С. Пыжальнова, И. Е. Ерофеева (Недра, 1986), нормативный справочник по буровзрывным работам Ф. А. Алдеева, В. Л. Барова, Н. В. Гурова, В. Х. Кантора (Недра, 1986), по взрывным работам в металлургии и додоложественном строительстве Д. И. Кушнера, Э. О. Миндел, А. Ф. Алдеева (Недра, 1986). Однако и ныне многие вопросы безопасности и рационального использования энергии взрыва не нашли полного отражения, слабо освещены работы в транспортном строительстве, при сооружении магистральных нефте- и газопроводов, в шахтах, опасных по взрыву газа или пыли.

За прошедший период произошли существенные изменения в рекомендуемом ассортименте применяемых взрывчатых веществ и средств инициирования. В настоящее время справочники авторы стремились дать сведения, которые были полезны руководителям взрывных работ, проектировщикам и взрывникам при выполнении проектирования, организации подготовки и проведения взрывов, выборе рациональных схем и средств механизации взрывных работ и обеспечении высокой эффективности и безопасности взрывных работ.

Авторы выражают благодарность сотрудникам аппарата Межведомственного совета по взрывному делу при Госгортехнадзоре СССР инженерам В. В. Малинину, А. И. Брылеву и Т. Н. Петровой за ценную помощь при подготовке рукописи справочника к изданию.

1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИИ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ВЗРЫВАЕМОСТИ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД

Под физическим свойством породы понимают ее поведение (ответную реакцию) при воздействии на нее определенных физических полей или тел.

Численно каждое физическое свойство породы оценивается одним или несколькими параметрами (показателями, характеристиками), являющимися количественной мерой свойства.

Свойства пород, проявляющиеся при воздействии на них инструментов и механизмов, и соответствующие им характеристики называют горнотехнологическими.

Всю совокупность параметров пород, характеризующих их поведение при разработке, называют физико-техническими параметрами.

При взрыве заряда ВВ массив горных пород разрушается вследствие развития в нем механических напряжений и деформаций. Поэтому трудность разрушения пород при взрыве определяется совокупностью механических параметров.

Механические свойства горных пород оценивают параметрами, связывающими механические напряжения и соответствующие им деформации в породах.

Классификация физико-технических параметров пород в отношении механических воздействий приведена в табл. 1.1 [1].

Для количественной сравнительной оценки свойств пород из более 100 их параметров выделено по предложению МГИ 12 базовых характеристик, из которых к механическим относят шесть (табл. 1.2) [1]. Этого числа параметров достаточно для оценки горной породы как геометрического объекта и предмета горной разработки. Они используются для систематизации, исследования, сопоставления и классификации пород, а также для выбора, оценки и расчета основных горнотехнологических процессов.

Таблица 1.1

Классификация механических физико-технических параметров пород

Группа свойств	Подгруппа свойств	Физические параметры	Обозначение
Плотностные	—	Плотность. Объемная масса	ρ_0, ρ
		Удельный вес	γ_0, γ
		Пористость (общая, эффективная)	$P_{эф}, P$
		Коэффициент пористости	k_n
Механические	Упругие	Модуль Юнга	E
		Коэффициент Пуассона	ν
		Модуль сдвига	G
		Модуль всестороннего сжатия	K
		Модуль одностороннего сжатия	E
		Предел упругости	σ_E
	Пластические	Коэффициент пластичности	$k_{пл}$
		Модуль деформации	$E_{деф}$
	Прочностные	Предел прочности при сжатии	$\sigma_{сж}$
		Предел прочности при растяжении	σ_p
		Предел прочности при сдвиге	$\sigma_{сдв}$
		Сцепление	$k_{сч}$
Горнотехнологические	Общие	Угол внутреннего трения	γ
		Показатель трудности разрушения	$P_{тр}$
		Коэффициент крепости	f
		Твердость	H
		Коэффициент абразивности	$k_{аб}$
		Дробимость	G
	Частные	Коэффициент трения	$f_{тр}$
		Взрываемость	q, q_0
		Удельное усилие резания	K_p
		Показатель трудности бурения	P_b
		Эксплавируемость	Π_0

Таблица 1.2

Базовые механические свойства горных пород

Свойства	Основные параметры	Обозначение	Единица измерения	Определение
Плотностные	Объемная масса	ρ	кг/м ³	Масса единицы объема сухой горной породы в ее естественном состоянии (с порами, трещинами и т. д.)
	Пористость	P	—	Относительный объем всех пор, заключенных в единице объема породы
Механические	Предел прочности при сжатии	$\sigma_{сж}$	Па	Критическое значение одноосного сжимающего напряжения, при котором происходит разрушение породы
	Предел прочности при растяжении	σ_r	Па	Критическое значение одноосного растягивающего напряжения, при котором происходит разрушение породы
	Модуль продольной упругости (модуль Юнга)	E	Па	Коэффициент пропорциональности между действующим нормальным напряжением и соответствующей ему продольной упругой деформацией
	Коэффициент относительных поперечных деформаций (коэффициент Пуассона)	ν	—	Коэффициент пропорциональности между упругими предельными и поперечными деформациями при одноосном нормальном напряжении (отношение относительных поперечных деформаций к продольным)

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ВЗРЫВАЕМОСТИ НА КАРЬЕРАХ

До 1970 г. наибольшее распространение на карьерах имели классификации, построенные на основе коэффициента крепости пород по шкале М. М. Протодакимова.

Классификации по взрываемости, построенные на основе коэффициента крепости, в настоящее время не отвечают современному уровню знаний о свойствах

горных пород и массивов и возросшим требованиям к качеству дробления взорванной массы на карьерах. Это объясняется в первую очередь различной степенью дробления одинаковых по крепости и различным по трещиноватости пород.

В настоящее время общепризнано, что основным фактором, оказывающим влияние на степень дробления пород зарядами в скважинах диаметром более 150 мм, является трещиноватость массива, а коэффициент крепости f и другие прочностные свойства пород имеют меньшее значение. Поэтому при составлении классификаций пород по взрываемости на карьерах учитывают трещиноватость массива.

Распространение на карьерах получают классификации по взрываемости, построенные на основе временной классификации горных пород по трещиноватости в массиве (табл. 1.3) [2]. В этих классификациях наряду с коэффициентом крепости в каждой категории пород по взрываемости указывается средний размер отдельных трещин в массиве.

В некоторых классификациях используются, кроме трещиноватости, коэффициенты крепости, плотности пород и другие свойства,

Таблица 1.3

Классификация массивов скальных пород по степени трещиноватости и содержанию крупных кусков, разработанная Межведомственной комиссией по взрывному делу

Категория трещиноватости пород	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между оставшимися трещинами всех систем, м	Удельная трещиноватость, м ⁻¹	Содержание (%) в массе отдельных размеров, мм		
				+300	+700	+1000
I	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	<0,1	>10	<10	0	Нет
II	Сильно трещиноватые (среднеблочные)	0,1—0,5	2—10	10—70	<30	<5
III	Среднетрещиноватые (крупноблочные)	0,5—1,0	1—2	70—100	30—80	5—40
IV	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	1,0—1,5	1,0—0,65	100	80—100	40—100
V	Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	>1,5	<0,65	100	100	100

такие, как модуль упругости, коэффициент Пуассона, скорость продольной волны, акустическая жесткость, а также пределы прочности пород при сжатии, растяжении и срезе (сдвиге). Однако сложность определения указанных свойств пород и пределов прочности пород при растяжении и сдвиге, большая вариация результатов, условность переноса результатов испытаний с образца на массив и, главным образом, отсутствие функциональных и достаточно надежных корреляционных связей с взрываемостью препятствуют использованию указанных свойств в расчетах для определения взрываемости пород. Перечисленные свойства пород, как правило, определяются исследовательскими организациями, ведущими работы в области взрывных работ, и если приводятся в классификациях, то носят иллюстративный характер.

В качестве основных свойств пород в классификациях приводятся: трещиноватость массива, коэффициент крепости и плотность. Критерием разделения пород по категориям является величина удельного расхода ВВ, обеспечивающая при принятой технологии взрыва работ заданный результат взрыва, оцениваемый по степени дробления, качеству проработки подошвы, ширине развала и др.

Расчетный удельный расход ВВ (расход энергии ВВ) — основной параметр взрывных работ. Так как расчетные формулы для его определения в зависимости от свойств взрываемых пород и трещиноватости массива нет, то единственно приемлемым для практики является его определение с помощью экспериментальных взрывов.

Обычно число категорий в классификациях изменяется от 4 до 6 и в среднем составляет 5. Породы по трудности взрывания расположены как в прямом, так и в обратном порядке. Диапазон изменения удельного расхода ВВ составляет 0,2—1,5 кг/м³.

Основной недостаток многих классификаций — отсутствие каких-либо критериев оценки степени дробления взорванной массы, что не позволяет оценить эффективность применяемых параметров и сопоставить взрываемость пород различных карьеров.

На основе расчетного удельного расхода ВВ МГИ и ВНИИцветметом предложена межотраслевая классификация пород по взрываемости (табл. 1.4), в которой приведен научно обоснованный шаг изменения удельного расхода ВВ, т. е. границы категорий. Она охватывает весь диапазон горных пород на карьерах, в которых ведутся взрывные работы. Категория пород определяется по величине удельного расхода ВВ, который рассчитывается исходя из среднего размера отдельности в массиве d_0 (м), коэффициента крепости f и плотности пород при размере кондиционного куска 100 см, диаметре заряда 250 мм и применяемого ВВ с теплотой взрыва 4190 кДж/кг.

Таблица 1.4
Классификация пород по взрываемости

Классы по взрываемости	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м ³	Расхождение между экспериментальными значениями в массиве, %	Содержание в массиве отдельности (размером, мм)		Предел прочности пород при сжатии, МПа	Плотность пород, т/м ³	Примерные категории пород		
			+200	+1500			по Прогно. Аномалу	по Единой шкале бурности	по Спигу
I	0,12—0,18	<0,10	0—2	0	100—300	1,40—2,00	VII—VI	V—VIII	III—V
II	0,18—0,27	0,05—0,25	2—16	0	200—450	1,75—2,35	VI—V	VII—X	V—VI
III	0,27—0,38	0,20—0,5	10—52	0—1	300—650	2,25—2,55	V—IV	IX—XII	VI—VII
IV	0,38—0,52	0,45—0,75	45—80	0—24	500—800	2,50—2,80	IV—IIIa	XI—XIII	VII—VIII
V	0,52—0,68	0,70—1,0	75—98	2—15	700—1200	2,75—2,9	IIIa—III	XIII—XV	VIII—IX
VI	0,68—0,88	0,95—1,25	95—100	10—30	1100—1600	2,85—3,0	III—II	XIV—XVI	IX—X
VII	0,88—1,1	1,20—1,5	100	25—47	1450—2050	2,95—3,2	II—I	XV—XVIII	X
VIII	1,10—1,37	1,45—1,7	100	43—63	1950—2500	3,15—3,40	I	XVII—XX	X—XI
IX	1,37—1,68	1,65—1,9	100	58—78	2350—3000	3,35—3,6	I	XIX—XX	X—XII
X	1,68—2,03	>1,85	100	75—100	>2850	>3,5	I	XX	XI

Академик АН СССР В. В. Ржевский рекомендует взрываемость пород определять через эталонный расход ВВ q_0 , зависящий от трещиноватости, которая учитывается коэффициентом

$$k_T = 1,2d_{cp} + 0,2,$$

где d_{cp} — средний размер отдельности, м. Кроме того, q_0 зависит от пределов прочности породы при сжатии $\sigma_{сж}$, сдвиге $\sigma_{сдв}$, растяжении σ_p и плотности породы ρ :

$$q_0 = 0,1k_T(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_p) + 40\rho. \quad (1.1)$$

Все горные породы В. В. Ржевский по трудности взрывания разделены на пять классов и 25 категорий: I класс — легко взрываемые породы ($q_0 < 0,2$ кг/м³; 1–5 категорий); II класс — средневзрываемые породы ($q_0 = 0,21 + 0,4$ кг/м³, 6–10 категорий); III класс — трудно взрываемые породы ($q_0 = 0,4 + 0,6$ кг/м³, 11–15 категорий); IV класс — весьма трудно взрываемые породы ($q_0 = 0,601 + 0,80$ кг/м³, 16–20 категорий); V класс — исключительно трудно взрываемые породы ($q_0 = 0,801 + 1,0$ кг/м³, 21–25 категорий).

Проектный удельный расход ВВ (г/м³) определяют на основе эталонного расхода с учетом технологических и организационных факторов

$$q_n = eq_0 k_q k_{c,з} k_y k_u, \quad (1.2)$$

где k_q — поправочный коэффициент на расход ВВ с учетом требуемой степени дробления; $k_{c,з}$ — поправочный коэффициент на степень сосредоточения заряда в массиве: при $d_z = 100$ мм $k_{c,з} = 0,8$; при $d_z = 200$ мм $k_{c,з} = 1$ и при $d_z = 300$ мм $k_{c,з} = 1,2$; k_y — поправочный коэффициент на высоту уступа; k_u — поправочный коэффициент, учитывающий число открытых поверхностей: при двух открытых поверхностях $k_u = 1$, при одной $k_u = 2,5 + 5$.

На основе обобщения многолетнего опыта ведения взрывов в различных породах и условиях трестом «Союзвзрывпром» определены расчетные расходы ВВ (аммонит 6 ЖВ для зарядов рыхления и выброса), приведенные в табл. 1.5. В случае применения других ВВ приведенные в табл. 1.5 значения q_p и q_0 следует умножить на поправочный коэффициент, принимаемый по табл. 8.9.

Коэффициент q_0 условно называют расчетным удельным расходом ВВ для зарядов нормального рыхления, его величина $q_0 = q_n N_q$, где N_q — относительная масса заряда, определяющая характер действия взрыва, равная отношению масс данного заряда и заряда нормального действия при одной и той же линии наименьшего сопротивления (ЛНС); для зарядов нормального рыхления $N_q = 1/3$. Для получения заданного характера действия взрыва заряда принимают следующие значения N_q : для наибольшего камуфлета $N_q \approx 0,2$; для нормального рыхления $N_q = 0,33$; для выброса $N_q > 1$.

Таблица 1.5
Расчетный удельный расход аммонита 6ЖВ

Порода	Группа (категория) грунтов или пород по СНиПу	Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова	Средняя плотность пород, кг/м ³	Расчетный удельный расход ВВ для зарядов, кг/м ³	
				рыхления q_p	выброса q_0
Песок	I	—	1500	—	1,6—1,8
Песок плотный или влажный	I—II	—	1650	—	1,2—1,3
Суглинок тяжелый	II	—	1750	0,35—0,4	1,2—1,5
Глина ломовая	III	—	1950	0,35—0,45	1,0—1,4
Лёсс	III—IV	—	1700	0,3—0,4	0,9—1,2
Мел, вышележенный мергель	IV—V	0,8—1,0	1850	0,25—0,3	0,9—1,2
Гипс	IV	1,0—1,5	2250	0,35—0,45	1,1—1,5
Известняк-ракушечник	V—VI	1,5—2,0	2100	0,35—0,6	1,4—1,8
Опока, мергель	IV—VI	1,0—1,5	1900	0,3—0,4	1,0—1,3
Туфы трещиноватые, плотные, тяжелая пемза	V	1,5—2,0	1100	0,35—0,5	1,1—1,5
Конгломерат, брекчия на известняковом и глинистом цементе	IV—VI	2,3—3,0	2200	0,35—0,45	1,1—1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдястый, серпичитый мергель	VI—VII	3,0—6,0	2200	0,4—0,5	1,2—1,6
Доломит, известняк, магнетит, песчаник на известковом цементе	VII—VIII	5,0—6,0	2700	0,4—0,5	1,2—1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII—IX	6,0—8,0	2800	0,45—0,7	1,2—2,1
Гранит, гранодиорит	VII—X	6—12	2800	0,5—0,7	1,7—2,1
Базальт, диабаз, адезит, габбро	IX—XI	6—18	3000	0,6—0,75	1,7—2,2
Кварцит	X	12—14	3000	0,5—0,6	1,6—1,9
Порфирит	X	16—20	2800	0,7—0,75	2,0—2,2

Таблица 1.6

Классификация мерзлых грунтов по взрываемости (по И. З. Дроговайко)

Категория взрываемости	Наименование и вид грунта	Температура грунта, °C	Категория льдистости	Рекомендуемый удельный расход ВВ, кг/м³, при взрывании	
				на выхлывание	на выброс и сброс
I (легко-взрываемые)	Мерзлые песчаные грунты со степенью водонасыщения до 0,5 и выше 0,9	От 0,5 и ниже	Сильно-льдистые	0,4—0,6	1,3—1,8
II (средне-взрываемые)	Мерзлые песчаные грунты со степенью водонасыщения 0,5—0,9; мерзлые, моренные обломочные и гравийные грунты с песчаным заполнителем	От 0,5 и ниже	То же	0,6—0,8	1,6—2,2
	Мерзлые, глинистые, моренные, обломочные и гравийные грунты с глинистым заполнителем	От —5 и ниже	Льдистые	0,6—0,8	1,6—2,2
III (трудно-взрываемые)	Мерзлые глинистые, моренные, обломочные и гравийные грунты с заполнителем	От 0 до —5	Слабо-льдистые	0,8—1,1	1,8—2,5

Примечания. 1. Сильнольдистые грунты — содержание льда свыше 50 %. 2. Льдистые грунты — содержание льда 25—50 %. 3. Слабольдистые грунты — содержание льда до 25 %. 4. Мерзлые грунты растительного слоя и торфянистые относятся к I группе.

В связи с большим и все увеличивающимся объемом взрывного разрушения мерзлых грунтов в районах Сибири и северо-восточных районах нашей страны трестом «Союзвзрывпром» в дополнение к рекомендациям по расчетному удельному расходу ВВ для талых и скальных пород (см. табл. 1.5) даны рекомендации по расчетным удельным расходам ВВ для мерзлых пород (табл. 1.6).

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДРОБИМОСТИ

Энергетические затраты на взрывное дробление массивов горных пород зависят от их свойств (трещиноватости, прочности или,

коэффициента крепости), масштаба взрыва (диаметра заряда), энергетических характеристик ВВ, требуемой степени дробления или требуемого среднего размера куска раздробленной горной массы. Энергетические затраты взрыва возрастают при увеличении в общем объеме взорванной массы числа мелких фракций и показателя степени дробления

$\sum_1^m \lg \frac{D}{d_{1...m}}$. Поэтому при разрушении одного и того же объема, но при различном соотношении классов крупности энергетические затраты будут тем больше, чем выше показатель степени дробления N :

$$N = \sum_1^m \lg \frac{D}{d_{1...m}} = \left(\Delta_1 \lg \frac{D}{d_1} + \Delta_2 \lg \frac{D}{d_2} + \dots + \Delta_n \lg \frac{D}{d_n} \right). \quad (1.3)$$

Для оценки качества дробления взорванной массы на практике чаще всего пользуются такими критериями, как выход негабарита, средний линейный размер куска, изменение какого-либо одного класса крупности и т. п. Между всеми этими показателями существует устойчивая взаимосвязь, позволяющая вычислять один показатель через другие. Так, показатель степени дробления связан с наиболее представительным критерием оценки дробимости горных пород — средним линейным размером куска — следующей зависимостью

$$N = \sum_1^m \lg \frac{D}{d_{1...m}} = 2,4 - 1,1 \lg d_c + 0,05 (\lg d_c)^2, \quad (1.4)$$

где d_c — средний линейный размер (диаметр) куска, см.

Средний диаметр куска взорванной горной массы

$$d_c = \frac{\Delta_1 d_1 + \Delta_2 d_2 + \dots + \Delta_m d_m}{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_m} \quad (1.5)$$

(где $d_{1...m}$ — линейный размер определенного класса крупности, см; $\Delta_{1...m}$ — процентное содержание каждого класса крупности по взорванной массе) прямо пропорционален диаметру заряда и составляет

$$d_c = d_z^{1,05}. \quad (1.6)$$

В зависимости от целевого назначения взрывных работ средний линейный размер куска составляет: 1—5 см при подготовке руд к подземному выщелачиванию, 10—15 см на проходческих работах, 15—20 см на очистных работах подземных рудников, 25—35 см на очистных и вскрышных работах в карьерах и т. д. В этих случаях требуемый показатель степени дробления составит 1,65—2,4 для

Таблица 1.7

Рекомендуемые параметры взрывного воздействия на разные горные

Категория пород	Характеристика процесса разрушения	Класс пород	Длина начальных трещин, см	Скорость звука в среде ϵ_p , км/с	Акустическая жесткость пород, $10^9 \cdot \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Класс пород по шкале М. М. Протодакинова
I	Среда разрушается хрупко в направлении от открытой поверхности к заряду под действием напряжений растяжения	1	4—8	6—7	16—20	14—20
		2	8—16	5—6	14—16	9—14
II	Среда разрушается квазихрупко в направлении как от заряда к открытой поверхности, так и от открытой поверхности к заряду под действием волн сжатия и растяжения	3	16—32	4—5	10—14	5—9
		4	32—64	3—4	8—10	3—5
		5	64—128	2—3	4—8	1—3
III	Среда разрушается пластично в направлении от заряда к открытой поверхности под действием усилий сжатия на фронте прямой волны	6	123—256	1—2	2—4	0,5—1

подготовки руд к подземному выщелачиванию, 1,32—1,65 — для проходческих работ, 1,0—1,2 — для подземной отбойки руд, 0,65—0,85 — для вскрышных и очистных работ на карьерах.

Классификация пород с учетом их базовых свойств и регламентируемых для них наиболее эффективных взрывных воздействий (типов выпускаемых заводских ВВ) представлена в табл. 1.7, а рекомендуемые удельные расходы ВВ с учетом расчетных энергетических затрат ВВ для достижения требуемой интенсивности дробления при разных видах работ приведены в табл. 1.8.

Отнесение горных пород к той или иной категории их трещино-

породы

Модуль объемного сжатия, $10^9 \cdot \text{МПа}$	Рекомендуемые параметры взрывчатого разложения ВВ				Рекомендуемые выпускаемые типы промышленных ВВ
	Начальное давление, $10^9 \cdot \text{МПа}$	Скорость детонации, м/с	Плотность заряда, $\text{кг}/\text{м}^3$	Потенциальная энергия ВВ, $\text{кДж}/\text{кг}$	
8—12	20,0	6300	1200—1400	5000—5500	Детонит М, гранитол-7А, грауилиты АС-8, АС-8В, аммонал-200
6—8	16,5	5600	1200—1400	4700—5000	
4—6	12,5	4800	1000—1200	4400—4700	Гранулит АС-4, грамонит 79/21
2—4	8,5	4000	1000—1200	4000—4400	Гранулит АС-4В, аммонит 6ЖВ,
1—2	4,8	3000	1000—1200	3500—4000	Грамонит 79/21
0,5—1	2,0	2500	800—1000	3000—3400	Водосодержащие пороха, гранулит М, акванит АРЗ-8Н, игданит

ватости должно осуществляться в соответствии с классификацией горных пород по трещиноватости, разработанной Межведомственной комиссией по взрывному делу (см. табл. 1.3).

При разрушении трещиноватых горных пород показатель степени дробления $\sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_i \dots m}$, сохраняя свое математическое выражение, в физическом отношении приобретает совершенно другой смысл. Если в знаменателе продолжает оставаться значение среднего

Таблица 1.8

Рекомендуемые значения расчетных удельных расходов ВВ для различных условий

Категория горных пород	Класс пород	Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодяконова	Расчетная потенциальная энергия ВВ, 10 ⁴ кДж/кг	Удельный расход ВВ (кг/м ³) для среднего линейного размера куска d _с (см) или показателем степени дробления N							
				Проходческие работы d _с /N		Подземные работы d _с /N		Открытые работы d _с /N			
				1/2,4	5/1,65	10/1,32	15/1,12	20/1,0	30/0,85	40/0,65	
I	1	14—20	5—5,5	4,2	3,4	2,7	2,3	1,9	1,60	1,30	
II	2	9—14	4,7—5	3,3	2,4	2,0	1,8	1,5	1,30	1,15	
	3	5—9	4,4—4,7	2,5	2,0	1,7	1,5	1,25	1,10	0,95	
III	4	3—5	4,0—4,4	2,0	1,5	1,4	1,2	0,95	0,85	0,75	
	5	1—3	3,4—4,0	1,5	1,2	1,1	1,00	0,85	0,75	0,65	
III	6	0,5—1	3,0—3,4	1,2	1,0	0,90	0,80	0,75	0,65	0,45	

линейного размера куска, который необходимо получить в процессе дробления блочных горных пород, то в числителе должен учитываться линейный размер блочности, определяемый из данных табл. 1.3. В связи с этим, несмотря на повышение удельной энергоёмкости разрушения трещиноватых и нарушенных горных пород, общая энергоёмкость их разрушения может быть снижена в зависимости от соотношения блочности разрушаемых пород и среднего линейного размера куска, который необходимо получить в результате дробления. В табл. 1.9 приведен удельный расход ВВ в зависимости от крепости, трещиноватости и степени дробления пород.

Определение массы взрываемых зарядов для дробления пород осуществляется в соответствии с общим принципом и установлением пространственных элементов расположения зарядов. Основным элементом пространственного расположения зарядов является расстояние от заряда до открытой поверхности W, определяемое применяемым методом ведения взрывных работ, трещиноватостью пород и их крепостью, плотностью зарядания ВВ и его энергией, количеством открытых поверхностей и диаметром заряда по формуле

$$W = \frac{32}{4-f} V n_0 \sqrt{\frac{Q_V}{Q_{V_0}}} d_3, \quad (1.7)$$

где f — крепость пород по шкале проф. М. М. Протодяконова; n_0 — количество открытых поверхностей; Q_V — энергия используемо-

Таблица 1.9

Рекомендуемые удельные расходы ВВ для разных по трещиноватости пород с учетом достижения требуемого дробления

Категория пород	Класс пород	Крепость пород f	Удельный расход ВВ при среднем размере куска, см							
			Проходческие работы			Подземные работы		Открытые работы		
			1	5	10	15	20	30	40	
I. Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные) породы										
I	1	14—20	1,75	0,56	0,45	0,40	0,22	0,13	0,10	
	2	9—14	1,35	0,45	0,40	0,35	0,18	0,11	0,09	
II	3	5—9	1,00	0,35	0,30	0,25	0,15	0,08	0,07	
	4	3—5	0,75	0,25	0,23	0,20	0,12	0,07	0,06	
III	5	1—3	0,47	0,17	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	
	6	0,5—1	0,25	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,04	
II. Сильнотрещиноватые (среднеблочные) породы										
I	1	14—20	3,0	1,75	1,25	0,90	0,75	0,40	0,25	
	2	9—14	2,25	1,35	0,95	0,75	0,65	0,30	0,18	
II	3	5—9	1,75	1,0	0,75	0,55	0,45	0,25	0,15	
	4	3—5	1,25	0,75	0,55	0,40	0,35	0,20	0,12	
III	5	1—3	0,75	0,50	0,35	0,25	0,20	0,15	0,10	
	6	0,5—1	0,40	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,05	
III. Среднетрещиноватые (крупноблочные) породы										
I	1	14—20	3,9	2,7	2,2	1,8	1,7	0,9	0,75	
	2	9—14	3,1	2,2	1,8	1,6	1,4	0,7	0,60	
II	3	5—9	2,4	1,75	1,45	1,25	1,1	0,5	0,40	
	4	3—5	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,40	0,30	
III	5	1—3	1,3	1,1	0,9	0,8	0,6	0,30	0,20	
	6	0,5—1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,10	
IV. Малотрещиноватые (весьма крупноблочные) породы										
I	1	14—20	4,2	3,1	2,6	2,2	2,0	1,7	1,5	
	2	9—14	3,2	2,5	2,0	1,8	1,7	1,4	1,3	
II	3	5—9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	
	4	3—5	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	
III	5	1—3	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,40	0,30	
	6	0,5—1	0,9	0,75	0,70	0,60	0,50	0,30	0,20	
V. Практически монолитные (крупноблочные) породы										
I	1	14—20	4,5	3,2	2,7	2,4	2,2	1,9	1,7	
	2	9—14	3,5	2,6	2,2	1,9	1,8	1,5	1,4	
II	3	5—9	2,7	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	
	4	3—5	2,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	
III	5	1—3	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,5	0,40	
	6	0,5—1	1,00	0,85	0,80	0,70	0,60	0,45	0,35	

Таблица 1.10

Рекомендуемые удельные расходы ВВ для взрывания разных пород с одной и двумя открытыми поверхностями

Категория горных пород	Горные породы	Класс горных пород	Коэффициент крепости пород по Прогоронову	Потребляемая энергия ВВ, 10 ³ кДж/кг	Расстояние до открытой поверхности в диаметрах заряда при взрывании		Расстояние между зарядами в диаметрах заряда при взрывании	
					Одна открытая поверхность	Две открытые поверхности	Одна открытая поверхность	Две открытые поверхности
I	Относительно монолитные крепкие горные породы: диабазы, порфириты, граниты, сyenиты, диориты, андезиты, базальты, гнейсы, конгломераты изверженных пород на цементном цементе	1	14—20	5,0—5,5	16—18	22—25	10—12	14—16
		2	9—14	4,7—5,0	18—20	25—28	12—15	18—20
		3	5—9	4,4—4,7	20—22	25—30	16—18	20—24
		4	3—5	4,0—4,4	22—30	30—35	20—22	28—32
		5	1—3	4,4—4,0	24—30	35—40	24—30	25—40
II	Породы средней крепости: доломиты, известняки, мрамор, песчаники на известковом цементе, выветрелые гнейсы и сyenиты, сидерит, магнетит, конгломераты на известковом цементе, сланцы, крепкие мергели	3	5—9	4,4—4,7	20—22	25—30	16—18	20—24
		4	3—5	4,0—4,4	22—30	30—35	20—22	28—32
		5	1—3	4,4—4,0	24—30	35—40	24—30	25—40
		6	0,5—1,0	3,0—3,4	30—35	40—48	36—42	48—50
		7	0,1—0,5	2,0—2,5	36—42	48—50	42—48	50—55
III	Сильнотрещиноватые слабые породы: мягкие мергели, конгломераты, гипс, ракушечный известняк, суглинки, гравий, глины	1	14—20	5,0—5,5	16—18	22—25	10—12	14—16
		2	9—14	4,7—5,0	18—20	25—28	12—15	18—20
		3	5—9	4,4—4,7	20—22	25—30	16—18	20—24
		4	3—5	4,0—4,4	22—30	30—35	20—22	28—32
		5	1—3	4,4—4,0	24—30	35—40	24—30	25—40

го ВВ, кДж/кг; Q_{V_0} — энергия эталонного ВВ — аммонита 6ЖВ, кДж/кг; d_0 — диаметр заряда, м.

В зависимости от расстояния до открытой поверхности для различных категорий пород определяется и расстояние между зарядами. В зависимости от характера пород, применяемых ВВ и количества открытых поверхностей эти параметры могут быть представлены в виде рабочей классификации (табл. 1.10). Принятый в табл. 1.10 принцип безразмерной характеристики элементов расположения зарядов (отношение W и a к диаметру скважин) облегчает их последующее определение в зависимости от необходимой степени дробления. При этом, как и при определении удельного расхода ВВ, основным критерием качества дробления является средний диаметр куска во взорванной горной массе d_c .

Важное условие получения заданного дробления горных пород взрывом — определение последовательности взрывания зарядов, обеспечивающей их эффективное взаимодействие. Такое взаимодействие реализуется тогда, когда взрывание последующей серии зарядов осуществляется сразу же после раскрытия на определенную величину трещин в среде от действия предыдущей серии зарядов.

Таким образом, из энергетических соображений наиболее выгодно не одновременное (мгновенное), а последовательное взрывание зарядов ВВ с определенным временем замедления последующего взрыва по отношению к предыдущему, т.е. применение короткозамедленного взрывания, в частности, многорядного короткозамедленного.

Оптимальное значение такого замедления t_d устанавливается на основании учета характеристики пород, скорости роста трещин и расстояния от заряда до открытой поверхности, в направлении к которой они растут:

$$t_d = \frac{3,5\rho}{\sqrt{f^2}} \sqrt{\frac{2(1-\mu)}{(1-2\mu)}} W \cdot 10^{-3}. \quad (1.8)$$

Установление количественных параметров взрывных работ зависит от их целевого назначения и условий производства: в труднодробимых породах I категории (см. табл. 1.7) основной целью ставится достижение качественного дробления пород при минимальном выходе негабарита и несколько повышенном удельном расходе ВВ; в легкодробимых породах III категории — достижение максимально выхода взорванной горной массы с I м бурения; в породах средней дробимости II категории — обеспечение высокого качества дробления при высоких количественных показателях.

1.4. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗРЫВАЕМОСТИ МОНОЛИТНЫХ ПОРОД

В МГИ разработан метод определения взрываемости пород на отдельностях, позволяющий определить степень дробления в зависимости от их прочностных свойств. Для этого в карьере отбирают отдельности правильной формы с размером ребра 0,4–0,5 м, однородные по петрографическому составу и не имеющие видимых трещин. Отдельности взвешивают, в центре каждой бурят на половину высоты шпур диаметром 32–40 мм. От каждой отдельности откалывают образец, по которому методом толчения или другим способом определяют коэффициент крепости и плотность. Затем находят массу и объем отдельности. По объему из расчета удельного расхода ВВ 0,5–0,7 кг/м³ определяют величину заряда эталонного ВВ — аммонита 6ЖВ. В качестве забойки применяется песок. Отдельность накрывается металлическим ящиком с резиновой прокладкой, чтобы избежать разлета осколков и уменьшить вторичное дробление со стенки.

После взрыва взорванный материал рассеивается на ситах с размером квадратных ячеек 50, 75, 100 мм, определяется взвешиванием масса фракций.

Взрываемость (расчетный расход ВВ) коррелирует с выходом фракций +100 мм (индекс корреляции 0,9), т.е. в качестве размера кондиционного куска может служить фракция размером +100 мм. Степень дробления, полученная при этом, составляет 4–5, т.е. соответствует дроблению трудновзрываемых пород.

Принимая во внимание, что до взрыва в отдельности содержится 100 % кусков размером +100 мм, можно записать

$$q_p^{+100} = q_f \frac{100}{100 - V_H^{+100}}, \quad (1.9)$$

где q_p^{+100} — расчетный расход ВВ, при котором отсутствуют куски размером +100 мм, кг/м³; q_f — фактический расход ВВ, кг/м³; V_H^{+100} — выход кусков размером +100 мм после взрыва, %; 100 — содержание кусков размером +100 мм в монолитной отдельности до взрыва, %.

Взрываемость пород характеризуется расчетным расходом ВВ, при котором выход кусков размером +100 мм равен нулю. Указанный метод позволяет получать сопоставимые результаты при взрывании различных по петрографическому составу и по прочностным свойствам пород. Экспериментами на различных карьерах в разнообразных по петрографическому составу породах установлено, что зависимость расчетного расхода ВВ от коэффициента крепости по-

род, определяемого по методу толчения, выбранного в качестве критерия прочностных свойств горных пород с точностью $\pm 10\%$, выражается формулой

$$q_p^{+100} = 0,65 \sqrt[4]{f}. \quad (1.10)$$

1.5. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ВВ В МАССИВЕ

Взрываемость массивов (q) определялась по методике ЦНИГРИ при следующих условиях: высота уступа 10–15 м; диаметр долот 243 мм; коэффициент сближения зарядов ($m=1$), величина перебура — десять диаметров заряда; $W/d_0 = 30 \div 35$, величина забойки (0,5–0,7) W ; число рядов 2–3; диагональная схема взрывания; взрываемые массивы должны быть представлены однородными по трещиноватости и крепости породами.

Взрываемость массива определялась величиной расчетного расхода эталонного ВВ (q) (грамм/м³ 79/21), при котором выход в развале кусков более 500 мм равен нулю.

В МГИ разработана методика определения удельного расхода ВВ для массовых взрывов в зависимости от трещиноватости массива и прочностных свойств пород, основанная на сопоставлении результатов взрыва одной и той же породы на отдельности и в массиве.

Если определить взрываемость одной и той же породы на отдельности (q^*) и в массиве (q) при определенных вышеуказанных стандартных условиях и провести расчетным путем результаты к одному размеру куска +500 мм и типу ВВ, то можно оценить, насколько надо изменить удельный расход ВВ на массовом взрыве при использовании скважинных зарядов по сравнению со взрывом отдельности шпуровым зарядом, расположенным в ее центре.

Используя поправку на размер куска $(d/d_0)^{2/5}$ и учитывая влияние плотности пород на величину удельного расхода ВВ (формирование развала), получим расчетный расход ВВ при переходе к эталонному куску (500 мм) при взрывании монолитных пород:

$$q^{*500} = 0,65 \sqrt[4]{f} \left(\frac{0,1}{0,5} \right)^{2/5} \frac{\rho}{2,6}, \quad (1.11)$$

где $\rho = 2 \div 3$ — плотность пород, т/м³.

Зависимость относительного расхода ВВ от блочности пород (при диаметре долот 243 мм) аппроксимируется формулой

$$q/q^* = (0,6 \div 0,8 d_0), \quad (1.12)$$

где d_0 — средний размер отдельности в массиве, м (индекс корреляции 0,9).

Проведенные исследования в породах различной крепости и всех

Шкала взрываемости пород

Категория по взрываемости	Степень взрываемости	Категория трещиноватости	Средний размер отделившегося куска, мм	Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Прострелякова	Плотность пород, т/м³	Расчетный расход ВВ с учетом выхода кусков размером		Ориентировочный средний расчетный расход взрывчатой массы, кг
						свыше 800 мм, не более 10 %	свыше 1000 мм, не более 3—5 %	
I	Легковзрывающиеся	I—II	0,5	3—20 (5—10)	2,4—2,7	0,3—0,6	0,2—0,45	15—20
II	Средневзрывающиеся	III	0,5—1,0	3—20 (8—13)	2,6—2,8	0,6—0,9	0,45—0,7	21—25
III	Трудновзрывающиеся	IV	1,0—1,5	3—20 (11—16)	2,6—2,9	0,9—1,2	0,7—0,95	26—30
IV	Бесмысленно взрывающиеся	V	>1,5	3—20 (14—20)	2,7—3,0	1,2—1,5	0,95—1,2	31—35

Примечания. 1. Диаметр долот 243 мм. 2. Размер кондиционного куска до 1000 мм. 3. Крепость пород изменяется в широком диапазоне (в скобках указаны наиболее распространенные для данной категории значения).

категорий трещиноватости на семи карьерах цветной и черной металлургии доказали общность найденной зависимости.

Подставив из формулы (1.11) в уравнение (1.12) значение q^{*500} можно с погрешностью 10—15 % определить расчетный расход эталонного ВВ, при котором выход кусков размером +500 мм в развале будет близким к нулю, т. е.

$$q = q^* (0,6 + 0,8d_0) = 0,13\rho \sqrt[4]{f} (0,6 + 0,8d_0). \quad (1.13)$$

На основе проведенных исследований рекомендована для крупных механизированных карьеров черной, цветной металлургии и промышленности строительных материалов шкала взрываемости (табл. 1.11). На основе этой шкалы с учетом трещиноватости массива или размера естественной отдельности (d_0), коэффициента крепости (f) и плотности породы (ρ) можно с погрешностью 10—15 % рассчитать необходимый удельный расход ВВ, обеспечивающий заданный (по выходу крупных кусков определенного размера) результат взрыва по дроблению.

Переход от диаметра долот 243 мм к другим по удельным расходам ВВ осуществляется по формуле, предложенной МГИ:

$$q = q^* (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} d_0 d_0), \quad (1.14)$$

где d_0 — диаметр заряда, мм.

Поправка на необходимый размер куска равна $\left(\frac{0,5}{d_K}\right)^{2/5}$, где d_K — необходимый кондиционный размер куска, мм.

Переход к другому типу ВВ производится с помощью коэффициента k , учитывающего теплоту взрыва эталонного и применяемого ВВ:

$$k = Q_0/D_0, \quad (1.15)$$

где Q_0 — теплота взрыва эталонного ВВ; D_0 — теплота взрыва применяемого ВВ.

Таким образом, формула для определения расчетного расхода ВВ (взрываемость массива) с учетом требуемого дробления по выходу крупных кусков в развале горной массы приобретает вид

$$q = 0,13\rho \sqrt[4]{f} (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} d_0 d_0) \left(\frac{0,5}{d_K}\right)^{2/5} k. \quad (1.16)$$

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Взрывчатые вещества (ВВ) представляют собой высококонцентрированный и экономичный химический источник энергии. 1 кг ВВ средней мощности высвобождает при взрыве за время 10⁻⁵ с около 4·10³ кДж тепловой энергии. При стоимости ВВ от 100 до 500 руб/т стоимость энергии, выделяемой при взрыве, составляет 10⁻²—10⁻³ коп/кДж.

В отличие от обычных топлив, которые при сгорании расходуют газообразный кислород воздуха, ВВ содержит связанный кислород в своем составе, и в основе процесса взрывчатого превращения лежат экзотермические внутри- или межмолекулярные окислительно-восстановительные реакции.

Рабочим телом, совершающим механическую работу, являются газообразные продукты взрыва, первоначально сжатые до давления порядка гигапаскалей и имеющие температуру в несколько тысяч градусов. Расширяясь, сжатые газы уплотняют окружающую среду и вызывают в ней образование волн сжатия с резким перепадом давления на фронте волны.

Взрывчатыми являются такие вещества или смеси веществ, которые способны при определенных видах внешнего воздействия к очень быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с выделением тепла и образованием газов.

Взрывчатыми могут быть вещества твердые, жидкие, газообразные, в том числе суспензии, эмульсии, взвеси твердых или жидких веществ в газах. Наиболее широкое применение во взрывном деле имеют твердые и жидкие ВВ, называемые конденсированными ВВ.

Для возбуждения взрыва (вспышки) необходимы сильные механические или термические воздействия на ВВ. Восприимчивость ВВ к внешним воздействиям, их виду и силе называют чувствительностью ВВ к соответствующему виду воздействия (удару, трению, нагреву, лучу огня и др.).

В зависимости от вида и интенсивности внешнего воздействия ВВ могут испытывать три формы превращения: термическое разложение, горение и взрыв (детонацию).

Термическое разложение представляет собой сравнительно медленный процесс распада вещества при его нагреве ниже

температуры вспышки. Его скорость возрастает с увеличением температуры по экспоненциальной зависимости в соответствии с законом Аррениуса ($I \sim e^{-E/RT}$).

При достижении критических условий нагрева, определяемых температурой нагрева и массой ВВ, процесс термического разложения ускоряется и может закончиться тепловым взрывом (вспышкой, самовоспламенением). Основное условие теплового взрыва — преобладание теплоприхода в результате протекания экзотермической реакции распада ВВ над отводом тепла в окружающую среду.

Горение возникает при поджигании ВВ, т.е. при локальном подводе тепла, достаточного для нагрева некоторого участка (очага) до температуры вспышки.

Горение ВВ — самораспространяющийся процесс экзотермического химического превращения вещества, происходящий в сравнительно узкой зоне — пламени, которое перемещается по веществу в результате прогрева вперед лежащих слоев по механизму теплопроводности, диффузионного теплообмена с продуктами горения или излучения из зоны пламени. В практических условиях возможно совокупное действие всех трех источников нагрева.

Различают стационарное, или нормальное, горение, перемещающееся по ВВ с постоянной скоростью от миллиметров до сантиметров в секунду, и нестационарное, или взрывное, горение, распространяющееся с непостоянной скоростью от десятков до сотен метров в секунду.

Скорость нормального горения зависит от кинетических характеристик ВВ и от внешнего давления и описывается выражением: $I = A + Bp^n$, где A и B — константы вещества, а коэффициент $n \leq 1$.

Стационарное горение свойственно веществам с малоплотной структурой, например бездымным порохам. Нестационарное горение возникает в пористых веществах. Оно распространяется путем проникновения высокотемпературных продуктов горения по порам в глубь заряда. Возникновению нестационарного, ускоряющегося горения способствует повышенное внешнее давление или наличие ободочки на заряде в виде стенок шпура и скважины, стен хранилищ ВВ, препятствующих свободному оттоку газообразных продуктов горения в атмосферу, вследствие чего повышается внутреннее давление газов в горящем ВВ, что приводит к ускорению горения.

При крутом нарастании скорости горения, сопровождающемся образованием волн сжатия вперед пламени с прогрессирующим их усилением, возможен переход горения в детонацию. Особенно легко это происходит в инициирующих ВВ, которые в результате особенностей их химического строения вообще не способны к стационарному медленному горению.

Детонация представляет собой процесс перемещения по ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью порядка тысяч метров в секунду узкой зоны химической реакции с крутым скачком давления на фронте (ударным фронтом). Таким образом, детонация, по существу, представляет собой перемещающуюся по ВВ ударную волну, которая адиабатически сжимает и разогревает ВВ, вызывая в нем реакцию разложения.

В результате кратковременности химического превращения ВВ в детонационной волне (за время порядка 10^{-6} с) нагретые до нескольких тысяч градусов газообразные продукты взрыва первоначально занимают объем, близкий к объему исходного вещества, благодаря чему развиваются огромные давления — для конденсированных ВВ порядка десятков или сотен тысяч атмосфер (тысяч или десятков тысяч мегапаскалей).

Детонация наиболее легко возбуждается при воздействии на ВВ ударной волны достаточной интенсивности. Это объясняется тем, что сама детонация имеет ударно-волновую природу. Другие виды воздействия (удар, трение и пр.) с трудом вызывают в бризантных ВВ детонацию, так как необходимо, чтобы в результате воздействия в веществе образовалась ударная волна достаточной амплитуды, способная вызвать самоподдерживающийся детонационный процесс. Если очаг разогрева достаточно велик, то формирование ударной волны и возникновение детонации происходит по механизму теплового взрыва. Детонация от простых видов механического и теплового воздействия — удара, накола, луча огня — легко возбуждается только в инициирующих ВВ, что и является основным отличительным признаком последних.

Источником инициирующей детонации ударной волны может быть взрыв другого ВВ, например инициирующего. На этом принципе основаны современные промышленные средства инициирования — капсюли-детонаторы, которые содержат инициирующее вещество. Сами же капсюли срабатывают от луча огня, что достигается доступными техническими средствами. Для усиления действия взрыва заряда инициирующего ВВ в гильзу капсюля помещают небольшие массы бризантных (вторичных) ВВ, а в ряде случаев для инициирования — дополнительные детонаторы или патроны-боевики, или детонирующие шурупы.

Эффективность и безопасность взрывных работ во многом зависят от свойств применяемых ВВ, среди которых особое значение имеют:

— энергетические характеристики ВВ, определяющие их работоспособность;

— характеристики, определяющие безотказность и полноту детонации в заряде ВВ;

эксплуатационные характеристики ВВ, такие, как уплотняемость при механических способах заряжания, собственная плотность, пластичность, сыпучесть для гранулированных ВВ, потокоупорность для водоустойчивых ВВ, текучесть для водосодержащих ВВ, сохранность свойств при температурных и других климатических изменениях (физическая стабильность), химическая стабильность и др.

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

По чувствительности (восприимчивости) к различным видам воздействия ВВ подразделяют на инициирующие и бризантные.

Инициирующие ВВ бывают двух типов: первичные и вторичные. Первичные (гремучая ртуть, ТНРС, азид свинца) детонируют в небольших массах (доли грамма) от поджигания, удара. Вторичные инициирующие (тетрил, гексоген, ТЭН) наиболее мощные, но менее чувствительные к механическим и тепловым воздействиям. Используются для передачи инициирующего импульса от первичных инициирующих к бризантным ВВ и возбуждения в их зарядах устойчивой детонации. Они применяются в средствах инициирования (капсюлях-детонаторах, электродетонаторах).

По химическому составу ВВ подразделяют на индивидуальные взрывчатые соединения и взрывчатые смеси.

К индивидуальным ВВ, применяемым во взрывном деле в чистом виде или в составе смесевых ВВ, относятся тротил, гексоген, ТЭН, тетрил, октоген, нитроглицерин, нитроглицерин, динитрофталитин и некоторые другие. В химическом отношении это органические соединения, содержащие нитрогруппы ONO_2 и NO_2 . Обобщенно их называют нитросоединениями. К собственно нитросоединениям относят вещества, в которых нитрогруппа присоединена к атому углерода (тротил, динитрофталитин). ВВ, в которых нитрогруппа присоединена к атому кислорода, называют нитроэфиром (нитроглицерин, нитроглицерин, ТЭН), к атому азота — нитроминами (гексоген, октоген).

При взрыве происходят внутримолекулярные окислительно-восстановительные реакции. В результате реакций выделяется тепло и образуются новые простые и устойчивые соединения, такие, как вода, окись и двуокись углерода, азот и др.

Смесевые ВВ существуют двух основных типов. У первых составные части или компоненты смеси при взрыве реагируют между собой с выделением тепла. Обычно один из реагирующих компонентов имеет избыток кислорода и является окислителем (аммиачная селитра, перхлорат аммония и т.п.), другой компонент служит горючим (целлюлоза, нефтепродукты, нитросоединения с недостатком

кислорода, металлы и др.). Второй тип смесей содержит не реагирующие между собой компоненты, обладающие теми или иными специальными свойствами, например: пламегасящими, пластифицирующими, водостойкостью, флегматизирующей способностью и др. Часто применяются смеси комбинированного типа, которые содержат как реагирующие, так и не реагирующие между собой компоненты. Пример такой смеси — предохранительные аммониты, содержащие в качестве окислителя аммиачную селитру, в качестве горючего — тротил и в качестве пламегасителя — инертные минеральные соли (поваренную и т. п.).

По химическому составу наиболее распространенные промышленные ВВ группируются следующим образом:

нитросоединения и их смеси, включая смеси с металлами: тротил (гранулол), алюмотол, смеси ТГ (тротил-гексоген) и др.; аммиачно-селитренные ВВ, содержащие в качестве окислителя аммиачную селитру (нитрат аммония), в том числе:

динамоны, простейшие ВВ, которые в качестве горючего содержат невзрывчатые органические материалы (древесную муку, жидкие нефтепродукты и др.); гранулированные сорта этих ВВ называют гранулитатами;

аммоналы, содержащие в качестве горючего порошок алюминия или других металлов;

аммониты — смеси аммиачной селитры с нитросоединениями. Двухкомпонентные смеси из гранулированной аммиачной селитры, чешуйчатого или гранулированного тротила называют граммонитами; водосодержащие аммиачно-селитренные ВВ — смеси, содержащие водный гель калиевой, аммиачной или натриевой селитры.

Нитроэфирные ВВ — порошкообразные ВВ, содержащие нитроглицерин или нитроглицерин не более 15 %. В подземных условиях для обводненных шпуров и скважин рекомендуется применять только патронированные ВВ.

Заряды в скважинах на открытых горных работах следует инициировать шапками-детонаторами Т-400Г, ТГ-500. На подземных горных работах для инициирования скважинных зарядов гранулированных ВВ в качестве промежуточного детонатора рекомендуется применять стандартные патроны ВВ со скоростью детонации большей, чем скорость детонации инициируемого заряда, а для шпуровых зарядов — со скоростью детонации не менее 5 км/с.

С 1985 г. в соответствии с ГОСТ 84-2158—84 была введена классификация промышленных ВВ, приведенная в табл. 2.1.

В 1984 г. были утверждены мероприятия по унификации и сокращению номенклатуры промышленных ВВ, используемых в народном хозяйстве, при осуществлении которых ряд ВВ был запрещен, а некоторые ВВ были временно допущены к ограниченному

Таблица 2.1

Классификация промышленных взрывчатых веществ

Класс ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или обложки патронов (пачек)
I	Непредохранительные для взрывания только на земной поверхности	Белый
II	Непредохранительные для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или пыли, либо применяется инертзация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах	Красный
III	Предохранительные для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение метана и отсутствует взрывчатая пыль	Синий
IV	Предохранительные для взрывания: по уголю и (или) породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной или сланцевой пыли при отсутствии выделения метана; по уголю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение метана, кроме забоев, отнесенных к особо опасным по метану при взрывных работах; или для стратостельного взрывания в забоях подземных выработок	Желтый
V	Предохранительные для взрывания по уголю и (или) породе в особо опасных по метану при взрывных работах забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метановоздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке	Желтый

Продолжение табл. 2.1

Класс ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или обложечек патронов (пачек)
VI	Предохранительные для взрывания: по углю и (или) породе в особо опасных по метану при взрывных работах в забоях подземных выработок, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метано-воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке; или в угольных и смешанных забоях восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется метан, при длине выработок более 20 м и проведении их без предварительного пробуренных скважин, обеспечивающей проветривание за счет общешахтной депрессии	Желтый
VII	Предохранительные ВВ и изделия из них VI—VII классов для ведения специальных взрывных работ (для водораспыления и распыления порошкообразных ингибиторов, для взрывного перебивания деревянных стоек при посадке кровли, при ликвидации зависаний горной массы в углеспускных выработках, для дробления негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывной концентрации метана и угольной пыли	Желтый
Специальный (С):	Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них, предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли	
1-я группа	Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных и сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для застоски уступов; разрушение мерзлых грунтов; взрывное дробление негабаритных кусков породы; сейсмозаведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров и другие специальные работы	Белый

Продолжение табл. 2.1

Класс ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или обложечек патронов (пачек)
2-я группа	Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков породы; контурное взрывание и другие специальные работы	Красный
3-я группа	Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах	Черный
4-я группа	Взрывные работы в серных, нефтяных и других шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов	Зеленый

Примечания. 1. Степень опасности забоев по метану при взрывных работах устанавливается специальными инструкциями или другими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке. 2. Перечень конкретных видов подземных выработок, в которых должны применяться ВВ соответствующих классов, устанавливается Едиными правилами безопасности при взрывных работах или другими нормативными документами, согласованными с Госгортехнадзором СССР и утвержденными в установленном порядке.

применению с последующей заменой на более совершенные составы (табл. 2.2).

Для упрощения выбора ВВ взрываемые массивы разделены в зависимости от крепости горных пород на две группы с коэффициентом крепости горных пород по шкале проф. М. М. Протодаканова до 12 (включительно) и более 12 и в зависимости от обводненности также на две группы — сухие и обводненные.

Для заряжания обводненных скважин на открытых горных работах, заряды в которых будут находиться до взрывания от 7 до 30 сут. пригодны только гранулолот или алюмотол. Водостойчивые ВВ с определенным ограничением сроком нахождения в воде необходимо заряжать для уменьшения потерь по технологии под столб воды либо с предварительным осушением скважин или влагоизолирующей зарядов.

По степени вредного воздействия на человеческий организм наиболее опасны детониты и углениты, содержащие в своем составе нитроэфиры. При работе с ними необходимо исключить их контакт с открытыми частями тела, а содержание паров нитроэфиров на рабочих местах не должно превышать 0,1 мг/м³.

При работе с гранулолотом, аммонитами, граммонитами и другими тротилосодержащими составами также необходимо избегать их контакта с открытыми частями тела. Содержание пыли ВВ в атмосфере

Таблица 2.2

Взрывчатые вещества, запрещенные к применению с 01.01.85

ВВ	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Рекомендуется взамен
Акванит AP3	84-360-79	Акванит AP3-8H
Аквалит № 16	84-625-75	То же
Акванит ЗЛМ	84-401-11-73	»
Акватол М-15	21989-79	КарбатоЛ ГЛ-10В
Акватол 65/35 АВ	84-458-74	То же
Акватол 65/35 С	21989-79	Ифазант Т
Аммонит А-40, А-50	84-01-59-76	Аммонит АТ
Граммонит 50/50В	21938-76	Гранитол-1
Граммонит 30/70В	21988-76	То же
Граммонал А-45	84-462-74	Гранитол-7А
Граммонал А-8	84-196-71	Гранулит АС-8В
Детонит 10А	21986-76	Детонит М
КарбатоЛы ГЛ-10, АТ-10, А-25	84-415-81-78	КарбатоЛы ГЛ-10В, ФТ-10, 15Т
Патроны ПВП-1-А, ПВП-1-У	—	—
Победит ВП-4	21983-76	Аммонит АП-5ЖВ
Гексопласт 74	84-415-81-79	Гексопласт 87К
Шашка Т-400	84-411-71	Шашка-детонатор Т-400Г
Шашка ПТ-300	84-411-80	Шашка-детонатор ТГ-500
Огнепроводный шнур	3470-80	Огнепроводный шнур ОША, ОШЭ
ОЩДА		

сфере на рабочем месте, в зоне дыхания рабочего, у зарядного устройства и в забоях не должно превышать санитарных норм (трифила — не более 1 мг/м³, алюминиевой пудры — 2 мг/м³, аммиачной селитры — 10 мг/м³, паров индустриального масла — 10 мг/м³, тумана индустриального масла — 300 мг/м³ и т.д.).

Для создания требуемых санитарно-гигиенических условий труда на предприятиях необходимо осуществлять меры защиты от пыли взрывчатых веществ: устанавливать действенные системы пылеотсоса из накопительных бункеров, аспирационные укрытия растаривающих установок, производить мокрую уборку помещений, увлажнять ВВ в процессе пневматического заряжания, применять специальные насадки для формирования зарядов из рассыпных ВВ в восходящих шпурках и скважинах, устанавливать устройства для увлажнения пыли в устье скважин (шпуров) и т.д. Трудящиеся, работающие с ВВ, необходимо обеспечивать индивидуальными средствами защиты: кожными перчатками, противопыльными фильтрами респираторами, очищаемой ежедневно от пыли ВВ спецодеждой, специальными защитными очками, шлемами и др.

Наиболее кардинальным направлением по устранению вредного воздействия пыли ВВ является создание оптимизированных систем «ВВ — зарядное устройство», позволяющих вести заряжание в режиме, исключающем выделение частиц пыли в производимое пространство.

В качестве исходного критерия взрывной эффективности рекомендуется принимать удельную объемную энергию взрыва, которую характеризуют произведением табличных значений идеальной работы на плотность заряжания. Показатель экономической эффективности ВВ не может быть величиной безотносительной. Он определяется совокупностью затрат, необходимых для реализации энергии, содержащейся в ВВ, и зависит от горнотехнических условий, в которых оно применяется. Определение наиболее экономически эффективного ВВ для конкретных горнотехнических условий рекомендуется делать на основе сопоставления затрат, необходимых для использования 1000 кДж идеальной работы того или иного ВВ по формуле

$$C_{\text{ВВ}} = \frac{1000}{A_p} (C_{\text{ВВ}} + \frac{C_{\delta}}{\delta\phi} + C_s),$$

где A_p — идеальная работа ВВ, кДж/кг; $C_{\text{ВВ}}$ — стоимость 1 кг ВВ franco-рудник, руб/кг; C_s — стоимость 1 дм³ объема шпура (скважины), руб/дм³; C_{δ} — расходы на заряжание 1 кг ВВ, руб/кг; δ — плотность заряжания, кг/дм³; ϕ — коэффициент использования длины шпура (скважины).

Окончательную оценку эффективности того или иного ВВ можно дать только при проведении опытных взрывов в производственных условиях.

Ниже в таблицах характеристик ВВ приведены насыпная плотность ВВ, критический диаметр детонации открытого заряда, скорость детонации, чувствительность к удару. Для патронированных ВВ также приводится расстояние передачи детонации между сухими патронами и после их выдержки в воде.

Критический диаметр определен в открытых (в бумажной или полиэтиленовой оболочке) цилиндрических зарядах длиной не менее пяти их диаметров. В прочной или массивной оболочке (горной породе) критический диаметр детонации всех ВВ в 2—3 раза меньше, чем открытых зарядов. Кроме того, при пневматическом заряжании грубодисперсных ВВ за счет частичного измельчения гранул значительно увеличиваются их чувствительность к начальному импульсу и скорость детонации, а критический диаметр уменьшается в 3—4 раза.

Приведенные значения скорости детонации получены при взрывании зарядов ВВ в стальной оболочке диаметром 40 мм с толщиной стенок 2—3 мм от промежуточного детонатора — тротиловой шашки

массой 40—50 г. Порошкообразные ВВ испытаны при плотности 1 г/см³, гранулированные — при насыпной плотности, а водосодержание — при их собственной плотности.

Расстояние передачи детонации получали испытанием по ГОСТ 14839.15—69, причем для предохранительных ВВ и серпного аммонита испытание проводили с патронами диаметром 32 мм, а для предохранительных ВВ — с патронами диаметром 36 мм.

Для оценки водоустойчивости патроны ВВ выдерживали в вертикальном положении в непроточной воде на глубине 1 м (от нижнего торца патрона) в течение 1 ч, после чего их извлекали из воды и испытывали на передачу детонации.

Чувствительность к удару определена на копре по ГОСТ 4545—80 на малых (0,05 г) навесках хорошо высушенных измельченных ВВ.

В таблицах характеристик ВВ не приведены данные о бризантности ВВ, поскольку не во всех случаях можно проследить связь между бризантностью ВВ и его эффективностью при взрывных работах. Также не приведены данные о работоспособности ВВ, определяемые в свинцовой бомбе, поскольку работоспособность большинства современных грубодисперсных малочувствительных ВВ (гранулированных и водосодержащих) определить этим методом невозможно.

Таблица 2.3

Характеристика гранулированных ВВ заводского изготовления для открытых горных работ

ВВ, ГОСТ, ТУ	Расчетные характеристики			
	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг
Алюмотол, ГОСТ 12696—76	—76,2	5266	4266	815*
Гранулолот, ГОСТ 25857—83	—74,0	3642	2975	1045*
Гранитол-1, ТУ 84-778—78	—43,4	3770	3080	820
Гранитол-7А, ТУ-84-912—81	—52,0	4598	3722	800
Граммонит 30/70, ГОСТ 21988—76	—45,9	3511	3033	860
Граммонит 50/50, ГОСТ 21988—76	—27,2	3678	3509	810
Гранулит С—6М, ТУ-84-1076—85	—1,3	3852	3205	980

Продолжение табл. 2.3.

ВВ, ГОСТ, ТУ	Экспериментальные характеристики			
	Плотность ВВ, г/см ³	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с	Чувствительность к удару, %
Алюмотол, ГОСТ 12696—76	0,95	70—80 (25—30)*	5,5—6,0*	24—48
Гранулолот, ГОСТ 25857—83	0,9	60—80 (10—15)*	5,5—6,5*	8—12
Гранитол-1, ТУ 84-778—78	0,9—0,95	40—60	5,0—5,5*	4—12
Гранитол-7А, ТУ-84-912—81	0,9—0,95	40—50	5,0—5,3*	12—24
Граммонит 30/70, ГОСТ 21988—76	0,85—0,9	40—60	3,8—4,5	12—24
Граммонит 50/50, ГОСТ 21988—76	0,85—0,9	40—50	3,6—4,2	12—24
Гранулит С—6М, ТУ-84-1076—85	1,0—1,05	80—100	2,5—3,0	4—12

* Данная характеристика относится к ВВ в водоуполненном состоянии.

В табл. 2.3 и 2.4 приведены характеристики гранулированных промышленных ВВ заводского изготовления и водосодержащих, изготавливаемых вблизи мест их использования для открытых горных работ. Рекомендуемые области применения этих ВВ приведены в табл. 2.5.

Характеристики гранулированных и порошкообразных ВВ для открытых и подземных горных работ в шахтах и рудниках, не опасных по взрыву газа или пыли, приведены в табл. 2.6 и 2.7, а рекомендуемые области применения этих ВВ — в табл. 2.8.

Для создания заградительных полос при ликвидации взрывных пожаров применяются шланговые заряды из предохранительного аммонита ПЖВ-20 (Т-19), характеристика которых приведена в табл. 2.9. Для дробления негабаритных кусков породы выпускаются накладные кумулятивные заряды из литого тротила без оболочки металлической оболочкой кумулятивной выемки (тип ЗКН-КЗ) и из прессованного тротила с металлической облицовкой кумулятивной выемки (тип ЗКП). В узле детонации размещен небольшой заряд гексогена. Характеристика зарядов приведена в табл. 2.10.

Основные характеристики физического состояния и вида упаковки гранулированных и водосодержащих ВВ, изготавливаемых на местах применения, приведены в табл. 2.11, а порошкообразных

Таблица 24

Характеристика ВВ, изготавливаемых на стационарных и передвижных пунктах, расположенных в непосредственной близости к местам потребления

ВВ	Расчетные характеристики			
	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг
Игданил	-1,65±0,12	3973—4061*	3164—3205	980—990
Карбатылы:				
ГЛ-10В**	-21,4	5684	4440	844
ГЛ-151**	-9,6	3427	2975	946
ФТ-10				
Акватолы (ифзани- нты):				
Т-20**	-4,6	3176	2782	937
Т-60**	-0,4	3782	3182	920
Т-80**	0	3941	3310	913
ГЛТ-20**	-3,8	3678	3100	905
Акваналы:				
А-10 (ипконит)	0,2—2,3	4520—4860	3520—3790	852—870
А-10)	-4,1	4012	3372	896
ГЛА-20**				

Продолжение табл. 24

ВВ	Экспериментальные характеристики			
	Плотность ВВ, г/см³	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, кг/с	Чувствительность к удару, %
Игданил	0,8—0,9	160—200	2,8—4,3	0
Карбатылы:				
ГЛ-10**	1,55—1,60	150—160	4,5—5,0	12—24
ГЛ-151**	1,4—1,6	120—150	4,5—4,8	4—12
ФТ-10				
Акватолы (ифзани- нты):				
Т-20**	1,25—1,3	120—150	4,0—4,5	0
Т-60**	1,40—1,45	100—120	5,0—5,5	0—4
Т-80**	1,45—1,50	90—100	5,2—5,5	0—4
ГЛТ-20**	1,45—1,50	80—100	4,9—5,0	0—4
Акваналы:				
А-10 (ипконит)	1,4—1,45	225—230	3,8—4,6	0
А-10) ГЛА-20**	1,5—1,58	80—100	4,8—5,0	4—12

* Данная характеристика дана в зависимости от содержания дизельного топлива.

** Значения даны для ВВ в твердом (застывшем) состоянии.

Таблица 25

Рекомендуемая область применения ВВ на открытых горных работах

Условия размещения ВВ	Коэффициент крепости пороха по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Рекомендуемые ВВ	
		заводского изготовления	изготавливаемые на передвижных пунктах и передвижных установках
Сухие скважины, шурфы, траншеи	<12	Гранулит М Гранулит С-6М** Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Граммонит 79/21	Игданил
	>12	Аммонит 6ЖВ Граммонит 50/50 Граммонит 30/70 Гранитол-7А	Акватол Т-20 (ифзанил Т-20) Карбатол-15Т Акватол Т-20 (ГЛТ-20) Акванал А-10 Карбатол ГЛ-10
Сухие шпур	<12	Гранулит М Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Аммонит М-10 Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-8В Детонит М	Игданил
	>12	Аммонит скальный № 3 Гранулотол Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовых патронах, мешках Гранитол-1 Гранулотол Граммонит 30/70* Граммонит 50/50* Гранитол-7А Алюмотол Аммонит скальный № 3 в полиэтиленовых патронах	Акватол Т-20* (ифзанил Т-20) Карбатол ГЛ-15Т* Акватол Т-20* (ГЛТ-20) ГЛА-20* Акванал А-10* Карбатол ГЛ-10В*
Обводненные скважины, шурфы, траншеи	<12	Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовых патронах Детонит М Аммонит-200 Аммонит скальный № 3 в полиэтиленовых патронах	Акватол Т-20* (ифзанил Т-20) Карбатол ГЛ-15Т* Акватол Т-20* (ГЛТ-20) ГЛА-20* Акванал А-10* Карбатол ГЛ-10В*
	>12	Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовых патронах Детонит М Аммонит-200 Аммонит скальный № 3 в полиэтиленовых патронах	Акватол Т-20* (ифзанил Т-20) Карбатол ГЛ-15Т* Акватол Т-20* (ГЛТ-20) ГЛА-20* Акванал А-10* Карбатол ГЛ-10В*

* Условно водоустойчивые ВВ рекомендуется применять при зарядании обводненных скважин по технологии «вод. столб воды» либо с предварительным осушением и влагоизоляцией зарядов.

** Аналог игданила и гранулата М.

Таблица 26

Характеристика гранулообразных ВВ, применяемых на открытых и подземных горных работах в шахтах и рудниках, не опасных по взрыву газа или пыли

ВВ, ГОСТ, ТУ	Расчетные характеристики				Экспериментальные характеристики			
	Кислородо- баланс, %	Теплота сгорания, кДж/кг*	Удельная работа взрыва, в, кДж/кг	Объем га- за взрыва, л/кг	Несущая плотность ВВ, г/см³	Критический открытый заряд, мм	Скорость детонации, км/с	Чувстви- тельность к удару, %
Граммонит 79/21, ГОСТ 21986-76	+0,02	4285	3561	895	0,8—0,85	40—60	3,2—4,0	12—24
Гранулит С-76, ГОСТ 21987-76	+0,41	4522	3645	907	0,85—0,9	60—100	2,5—3,5	4—12
Гранулит АС-4В, ТУ 85-620-82	+0,35	4522	3645	907	0,8—0,85	70—100	3,0—3,5	0—12
Аммонит РЗ-8Н, ТУ 84-520-363-83	-2,7	5018	—	860	0,9—0,92 1,2—1,25*	80—90 30—40*	2,5—3,5	0—4
Гранулит АС-8, ГОСТ 21987-76	+0,34	5191	3993	847	0,87—0,95	70—100	3,0—3,6	8—12
Гранулит АС-8В, ТУ 84-520-82	-3,3	5233	3997	850	0,8—0,85	70—100	3,0—3,6	0—8
Гранулит М, ГОСТ 21987-76	+0,14	3852	3163	980	0,78—0,82	80—110	2,5—3,6	0—8
Гранулит АС-М, ТУ 84-520-376-82	-2,0	5067	—	850	0,85	70—100 30*	1,9—2,6	0—4
Гранулит С-2, ГОСТ 21987-76	+0,06	3939	3159	935	0,8—0,85	110—140	2,2—3,0	0—4

* При зарядании пневматическими снарядами машин.

** Критический заряд в стандартном блоке.

Таблица 27

Характеристика порошкообразных ВВ, применяемых на открытых и подземных горных работах в шахтах и рудниках, не опасных по взрыву газа или пыли

ВВ, ГОСТ, ТУ, ОСТ	Расчетные характеристики				Экспериментальные характеристики						
	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Несущая работа взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг	Плотность ВВ в патронах, г/см ³	Работоспособность, см	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Критический диаметр, мм	Скорость детонации, км/с	Чувствительность к удару, %
							сухих	после выдержки в воде			
Аммонит 6ЖВ, ГОСТ 21984—76	—0,53	4305	3561	895	1,0—1,2	360—380	5—9	3—6	10—13	3,6—4,8	16—32
Аммонит 200, ГОСТ 21984—76	+0,18	4932	3940	845	0,95—1,1	400—430	4—6	3—5	12—14	4,2—4,6	24—36
Аммонит М-10, ТУ 84-520-196-76	—4,82	5645			0,95—1,2	430	4	3			
Аммонит скальный № 3, ОСТ 84-1917—81	—0,78	5684	4440	810	1,0—1,1	450—470	8—14	5—10	8—10	4,2—4,6	40—44
Аммонит скальный № 1, ГОСТ 21985—76	—0,79	5400	4420	830	1,43—1,58	450—480	5—12	5—8	5—7	6,0—6,5	40—60
Детонит М, ГОСТ 21986—76	+0,18	5786	4316	832	0,92—1,2	450—500	8—18	5—15	8—10	4,9—5,3	40—60
Динафалит-200, ГОСТ 21986—76	+0,3	4082	3304	920	1,0—1,15	320—350	3—7	2—5	13—14	3,5—4,6	12—24

Таблица 2.8

Рекомендуемая область применения ВВ в шахтах и рудниках, не опасных по взрыву газа или пыли

Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Прото-диконова	ВВ	Диаметр патронов, мм
Сухие скважины на очистных работах	<12 32 >12	Гранулит М Игданит Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Грамонит 79/21 Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-8В Акванал АРЗ-8Н	32
Сухие шпурь на проходческих и очистных работах	<12 32 >12	Гранулит М Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Гранулит АС-8В Детонит М Аммонал скальный № 3 Акванал АРЗ-8Н	32 28—36 36—45
Обводненные скважины на очистных работах	<12 60—90 >12	Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке Аммонал скальный № 3 в полиэтиленовой оболочке	60—90 60—90
Обводненные шпурь на проходческих и очистных работах	<12 32 32 >12	Динафталит-200 Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке Аммонал-200 Детонит М Аммонит скальный № 1 Аммонал скальный № 3 в полиэтиленовой оболочке	32 32 28—36 45

Таблица 2.9

Шланговые заряды, применяемые для создания заградительных полос при локализации лесных пожаров (класс С)

ВВ, ТУ	Вид упаковки	Размещение зарядов	Водоустойчивость (допустимое время нахождения зарядов в воде), ч	Номер журнального постановления
Шланговые заряды аммонита ПЖВ-20, ТУ 84-668—77	Шланговые заряды диаметром 36—38 мм, длиной 10 м в бухтах, уложенных в мешки	На поверхности земли	1	Письмо № 05—27/348 от 09. 11. 77

Примечание. Данные по водоустойчивости относятся к составу ВВ без оболочки.

Таблица 2.10

Характеристика кумулятивных накладных зарядов, применяемых для дробления негабаритов на открытых и подземных горных работах в шахтах и рудниках, не опасных по взрыву газа или пыли

Наименование ВВ, изделия	Общая масса ВВ, г	Основные размеры, мм		Предельная толщина дробимого куска, м
		Диаметр	Высота	
ЗКН—КЗ—180	180	90	35	0,55
ЗКН—КЗ—260	260	100	40	0,75
ЗКН—КЗ—500	500	130	50	1,0
ЗКН—КЗ—1000	1000	150	75	1,2
ЗКН—КЗ—2000	2000	190	90	1,6
ЗКН—КЗ—4000	4000	230	115	2,0
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	2,0
ЗКП—1000	1229	172	72	1,4
ЗКП—2000	2179	200	82	2,2
ЗКП—4000	4000	251	105	2,8

4. Таблица 2.11.

ВВ, изготавливаемые на стационарных и передвижных пунктах, расположенных в непосредственной близости к местам потребления

ВВ, ТУ	Физическое состояние ВВ в момент зарядки	Размещение зарядов	Способ зарядки	Номер журналов-стапельных
Иданти, ТУ ГП-2-77 Карбатолам: ГЛ-10Б; ГЛ-15Т; ФТ-10; ГЛ-103; ГЛ-1470—82	Гранулированная смесь твердых и жидких компонентов Густые, текущие при температуре выше 50 °С суспензии, отвердевающие при остывании в скажинах	Скажины, шурфы, траншеи Скажины с использованием специальных зарядных машин	Механизированный, ручной Механизированный, с использованием специальных зарядных машин	2/66 248/79
Аватор Т-20 (изфанти)- ТУ Т-20; Т-60; Т-80), ТУ ГП-01-77	Густые подвижные суспензии, содержащие до 40 % жидкой фазы, способные выдаиваться скажтам в духом и отвердевать при остывании	То же	То же	118/73
ГЛТ-20, ТУ 48-3-50—77	Горячелюющиеся, леготереканиваемые суспензии, отвердевающие при остывании в скажинах	То же	То же	257/80
Актанал А-10 (пиконит) А-10; ГЛА-20 ТУ 48-5-76—78	Горячелюющиеся, леготереканиваемые суспензии, отвердевающие при остывании в скажинах	То же	То же	206/77

Таблица 2.12

Порошкообразные ВВ, применяемые на открытых и подземных

Вид, ГОСТ, ТУ	Финансовое состояние	Вид упаковки	Номер журнального постановления	Примечания
Аммонит 6ЖВ, ГОСТ 21984-76	Порошкообразное	Насыпью в мешках	5/57	
Аммонит 6ЖВ, ГОСТ 21984-76, ТУ 84-202-76	*	Патроны диаметром 32, 60 и 90 мм	5/57	Выпускается в патронах диаметром: 32 мм (200—250 г) 60 мм (1400 г) 90 мм (3000 г)
Аммонит 6ЖВ, ТУ 84-501-29—80	*	Заряды в полиэтиленовой оболочке диаметром 90 мм	326/85	
Аммонал-200, ГОСТ 21984-76	*	Патроны диаметром 32 мм	2/59	ВВ ограниченного применения. До 1990 г. будет заменено заммоналом М-10

ВВ, ГОСТ, ТУ	Свойственное состояние	Вид упаковки	Номер журнального постановления	Примечания
Аммонит М.10, ТУ 84-520-196-76	»	То же	312/84	ВВ ограниченного применения. До 1990 г. будет заменено аммоналом скальным № 3
Аммонал скальный № 3, ГОСТ 21985-76		Патрона диаметр 45, 60 и 90 мм	284/83	
Аммонит скальный № 1, ТУ 84-1917-81		То же	245/78	
Аммонит скальный № 1, ГОСТ 21985-76	»	Патрона диаметр 36 и 45 мм	245/78	ВВ ограниченного применения. До 1990 г. будет заменено аммоналом скальным № 3
Аммонит скальный № 1, ГОСТ 21985-76		Патрона диаметр 36 и 45 мм	245/78	
Аммонит скальный № 1, ГОСТ 21985-76		Патрона диаметр 36 и 45 мм	245/78	
Детонит М, ГОСТ 21986-76	Порошкоб.-розыриам	Патрона диаметр 28, 32 и 36 мм	35/68	Выпускается в патронах диаметром: 28 мм (150 г) 32 мм (200 г) 36 мм (250 г)
Династит-200, ГОСТ 21984-76	Порошкоб.-разное	Патрона диаметр 32 мм	192/77	ВВ ограниченного применения. До 1990 г. будет заменено аммоналом БЖВ

Примечания. 1. Допустимое время изжождения перечисленных в таблице зарядов ВВ в бумажной оболочке в воде — 1 ч.
2. Способ затопления ручной.

Таблица 2.13

Характеристики предохранительных ВВ, применяемых в шахтах и рудниках, опасных по взрыву газа или пыли

Класс ВВ	ВВ, ГОСТ, ТУ	Расчетные характеристики				Экспериментальные характеристики							
		Кислородная д-ция, %	Темплота взрыва, кДж/кг	Механич. раб-та взрыва, кДж/кг	Объем газов кДж/кг	Плотность ВВ в патронах, г/см ³	Работоспособ-ность, см ³	Расстояние между патронами, см		Критический д-л, метр, мм	Скорость д-то-ния, км/с	Чувствитель-ность к удару, %	Полное время за-гора, мин
								сух-м	после выж-ога в воде				
III	Аммонит АП-5ЖВ, ГОСТ 21982-76	-0,02	3467	2591	782	1,0-1,15	330-330	5-10	2-7	10-12	3,6-4,6	12-32	193/77
IV	Аммонит Т-19, ГОСТ 21982-76	-2,47	3408	2554	724	1,05-1,2	257-250	7-12	4-8	10-12	3,6-4,3	12-24	66/69
IV	Аммонит ПЖВ-20, ГОСТ 21982-76	+0,32	3464	2594	717	1,05-1,2	265-280	5-10	2-7	12-14	3,5-4,0	12-24	193/77
V	Угленит Э-6, Угленит ПЖВ-20, ГОСТ 21983-76	+0,53	2680	1948	560	1,1-1,25	130-170	5-12	3-10 (30 мм)	7-9	1,9-2,2	40-70	33/64
VI	Угленит ПЖВ-20, ТУ 84-519-76	0	2200	-	520	1,2-1,35	110-125	4	2 (30 мм)	-	1,95-2,08	-	308/84
VII	Угленит 5, ГОСТ 21983-76	-0,18	1302	691	216	1,1-1,35	50-50	3-10	2-4	8-10	1,7-1,9	40-60	43/68
VII	Новит	+6,47	1927	580	580	1,0-1,2	200-220	3-10	3-5	7-10	1,6-1,8	24-32	331/85
III	Аммонит серый, ТУ 84-519-76	-1,35	2023	1672	878	1,05-1,05	200-220	3-10	3-5	7-10	2,0-3,0	36-44	5/57

Примечание. Угленит П-1211В — это угленит 1211В в полиэтиленовой оболочке. Характеристики те же.

Таблица 2.14

Рекомендуемая область применения предохранительных ВВ в шахтах, опасных по взрыву газа или пыли

Класс ВВ	Наименование ВВ	Область и условия применения
III	Аммонит АП-5ЖВ	Шпуровые заряды в сухих и мокрых породных забоях, опасных по метану, но не опасных по пыли
IV	Аммониты ПЖВ-20	Шпуровые заряды в сухих и мокрых угольных и смешанных забоях, опасных по взрыву метана и пыли (кроме забоев, относенных к особо опасным), а также скважинные заряды при вскрытии угольных пластов сотрясательным взрыванием
V	Угленит Э-6	Шпуровые заряды в сухих и мокрых забоях шахт, повышенно опасных по метану и опасных по пыли, а также при разработке пластов, опасных по внезапным выбросам угля и метана
VI	Угленит 12 ЦБ Угленит П-12ЦБ Патроны СП-1	Шпуровые заряды в сухих и мокрых выработках угольных шахт и нисах лав, не относенных к особо опасным по метану, а также в выработках, проводимых по завалу и трещиноватому массиву, кроме восстанавливающих выработок и верхних нисах лав Шпуровые заряды в верхних нисах лав и в восстанавливающих выработках, особо опасных по метану
VII	Ионит	Для водораспыления, для взрывного переламывания деревянных стоек при посадке кровли, при ликвидации зависаний горной массы в углеспускных выработках, для дробления негабаритов

ВВ — в табл. 2.12. Для шахт и рудников, опасных по взрыву газа или пыли, применяются предохранительные ВВ III—VII классов. Чем выше класс ВВ, тем более безопасными, но и менее мощными

Таблица 2.15
ВВ, применяемые для обработки металлов и других материалов взрывом (класс С)

ВВ или изделия, ТУ	Физическое состояние	Вид угнетения	Область применения	Номер заказа по стандарту	Примечания
Аммониты АТ: ТУ 84-768—78	Порошкообразное	Насыпью мешках	Сварка	247/79	Мешки массой 40 кг
Гексоласт ТУ 84-415-77—81	Пластичное	Рудонами в ящиках	Сварка и штамповка	251/80	ВВ ограниченного применения
Дымный взрывной порошок ДВП, ГОСТ 1028—79	Зернистое	Специальный	Штамповка	123/73	—
Аммонит А-2: ТУ 84-415-75—78	Порошкообразное	Насыпью в мешках	Сварка и штамповка	309/84	Марки от ШКЗ-1 до ШКЗ-6 для резки на воздухе стальных конструкций толщиной до 25 мм
Заряды шпуровые кучулативные гибкие ШКЗ, ТУ 84-988—84	Эластичное	В ящиках, мешках	Резка	293/83	—
Эластичный шнур ЭШ—III, ТУ 84-501-39—83	То же	То же	То же	—	—

Характеристика взрывчатых веществ, применяемых для обработки металлов и других материалов взрывом

ВВ	Расчетные характеристики		Экспериментальные характеристики				
	Теплота сгорания, кДж/кг	Объем газов, л/кг	Плотность, г/см ³	Работоспо- собность, см	Толщина критического слоя, мм	Скорость детонации, км/с	Чувствитель- ность к удару, %
Аммонит АТ	3700—3800	920—930	0,85—0,9	270—285	10—20	1,5—3,8	8—24
Гексоген ГП-87К	5024	—	1,45—1,5	400—410	3—4	7,0—7,6	35—54
Аммонит А-2	3770	915	0,85—0,95	300—310	35—55	2,5—4,5	—

становятся ВВ. Характеристики предохранительных ВВ приведены в табл. 2.13, а рекомендуемые области применения различных предохранительных ВВ — в табл. 2.14.

В табл. 2.15 и 2.16 представлены основные сведения о промышленных ВВ, применяемых для обработки металлов и других материалов взрывом.

2.3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ I КЛАССА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

На открытых горных работах для заряжания обводненных скважин применяют гранулированный тротил — гранулотол и гранулированный сплав его с алюминиевым порошком — алюмотол. Оба вещества являются неограниченно водоустойчивыми. Для возбуждения в них устойчивой детонации требуются стандартные шашки — детонаторы.

Физические характеристики: размер гранул — 2—5 мм, плотность гранул — 1,45—1,55 г/см³, насыпная плотность — 0,85—0,95 г/см³, влажность — не более 1—2 %.

Гранулотол выпускается по ГОСТ 25857—83, а алюмотол — по ГОСТ 12696—77. Гарантийный срок хранения — 24 мес.

Пыль тротила ядовита, предельно допустимая концентрация — 1 мг/м³.

Граммонит представляет собой простую механическую смесь гранул селитры и гранул или чешуек тротила.

Гранитолы изготавливаются по суспензионной технологии, имеют сложный химический состав и благодаря мелкопористой структуре своих гранул обладают водоустойчивостью.

Водосодержащие ВВ (ВВВ) изготавливаются непосредственно на горных предприятиях из отдельных компонентов на стационарных установках (см. табл. 2.11) или в передвижных смесительно-зарядных агрегатах обычно в две стадии: на первой стадии готовится горячий раствор аммиачной селитры с добавками карбамида, полиакриламида или других компонентов, на второй стадии этот раствор смешивается с твердыми компонентами. В момент изготовления ВВВ имеют легкотекучую структуру и закачиваются в обводненные скважины под столб воды. При охлаждении в скважине они густеют или затвердевают.

Все ВВВ обладают той или иной степенью водоустойчивости, и ими можно заряжать как сухие, так и обводненные скважины.

В настоящее время в нашей стране изготавливаются несколько разновидностей ВВВ: карбатола, содержащие низковязкую водную смесь аммиачной селитры с карбамидом; акватолы, содержащие в качестве сенсибилизатора тротил, и аквааллы, содержащие алюминиевый порошок. Общее содержание воды в них составляет от 4 до 12 %. Основные данные по этим ВВВ приведены в табл. 2.4.

2.4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ II КЛАССА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ, КРОМЕ ШАХТ ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ ИЛИ ПЫЛИ

ВВ этого класса имеют близкий к нулевому кислородный баланс. По этой причине они образуют при взрыве сравнительно небольшое количество ядовитых газов (окиси углерода и окислов азота) и могут применяться как на открытых, так и на подземных горных работах.

К гранулированным аммиачно-селитренным ВВ простейшего состава, не содержащим взрывчатых сенсibilизаторов, относятся игданиты, гранулиты, созданные на основе гранулированной селитры с размером гранул 2—3 мм. При взрыве она выделяет кислород, который окисляет горючие, содержащиеся во взрывчатом составе. В качестве горючих эти ВВ могут содержать жидкие нефтепродукты (дизельное топливо, соляровое, индустриальные масла), парафин и воск, алюминиевую пудру.

ВВ на наименее вязком дизельном топливе изготавливаются непосредственно на горных предприятиях по наиболее простой технологии на стационарных установках (пунктах приготовления) или самоходных агрегатах. Другие ВВ этого типа изготавливаются на специализированных заводах.

Благодаря гранулированной структуре и низкой чувствительности к механическим воздействиям ВВ данного типа пригодны к механизированным способам заряжания. При пневматическом заряжении шпуров и скважин диаметром до 100—120 мм гранулы частично разрушаются. При этом плотность заряжания составляет 1—1,20 г/см³. Соответственно возрастают удельная объемная энергия заряда и среднее давление газов взрыва в зарядной камере. Скорость детонации заряда повышается до 3,5—4,8 км/с. В результате этого по взрывному действию гранулированные ВВ простейшего состава не уступают патронированным аммонитам и детонитам, плотность заряжания которых не превышает 0,9 г/см³. В уплотненном состоянии эти ВВ хорошо удерживаются в восстающих скважинах.

В целях снижения пыления и уменьшения образования зарядов статического электричества при пневмозаряжении в них добавляют до 4 % воды.

Из-за отсутствия взрывчатого сенсibilизатора ВВ данного типа обладают сравнительно низкой детонационной способностью. Их критический диаметр детонации существенно больше, чем у аммонитов. На открытых горных работах для возбуждения устойчивой детонации они требуют промежуточного детонатора в виде тротильных шашек или патронов ВВ со скоростью детонации более 5 км/с.

Для повышения детонационной способности этих ВВ промышленность готовит к выпуску специальный сорт пористой гранулированной селитры, обладающей повышенной впитывающей способностью по отношению к дизельному топливу (8—10 % против 2—4 % для гладкой малопористой селитры). Игданит на пористой селитре имеет критический диаметр 50—80 мм, а на селитре с гладкими гранулами — 160—200 мм.

Игданиты на селитре с гладкими гранулами характеризуются малой физической стабильностью. В скважинных зарядах дизельное топливо стекает в нижние слои, что приводит к заметной неоднородности в химическом составе заряда. По этой причине время заряжания игданитом ограничивают несколькими часами. Повышенной удерживающей способностью обладает селитра, содержащая поверхностно-активные добавки, и в этом случае жидкое топливо удерживается на поверхности гранул благодаря большей их смачиваемости. Физическая стабильность составов возрастает также с увеличением вязкости жидкого топлива. По этой причине гранулиты изготавливаются на более вязких, чем дизельное топливо, горючих или же на пористой селитре (гранулит М). Техническими условиями более вязкие масла допускаются также для изготовления игданита А-6, содержащего алюминиевый порошок.

Для придания гранулитам водоустойчивых свойств в них вместо жидких горючих вводят низкоплавкие твердые углепороды типа парафинов или восков, обладающих высокой гидрофобностью. На стадии изготовления их вводят в расплавленном состоянии. При застывании они образуют достаточно прочную пленку на гранулах селитры. Водоустойчивые гранулиты с индексом В имеют то же соотношение компонентов, что и неводоустойчивые, и соответственно почти идентичные взрывчатые характеристики.

Значительные отличия по химическому составу, свойствам и технологии имеют акваниты раздельного заряжания (АРЗ). Они изготавливаются по суспензионной технологии, выпускаются в виде гранул, но содержат ингредиенты, позволяющие пластифицировать это ВВ водой при пневмозаряжении с добавлением 4 % воды. При этом плотность ВВ в шпуре достигает 1,3 г/см³. Характеристика простейших гранулированных ВВ приведена в табл. 2.6.

Граммонит 79/21 представляет собой механическую смесь гранулированной аммиачной селитры с чешуйчатым тротилом. По детонационной способности граммонит 79/21 превосходит гранулированные ВВ простейшего состава, но уступает порошкообразным аммонитам. Для возбуждения детонации необходим промежуточный детонатор. Граммонит 79/21 применяют на открытых и подземных горных работах для заряжания скважин и минных камер. Он сохраняет детонационную способность при содержании воды до 20 %,

а при содержании около 10 % его взрывное действие даже несколько выше, чем в сухом состоянии, благодаря повышению плотности заряда. При подземных работах влажность ВВ не более 5 %.

Порошкообразные ВВ представляют собой смеси аммиачной селитры с тротилом или другими пиротесоединениями. К ним относятся аммониты, аммоналы и детонит М. Для повышения энергетических характеристик в их состав вводят алюминиевый порошок или пудру.

Благодаря тонкодисперсной структуре порошкообразные ВВ обладают сравнительно высокой детонационной способностью: их критический диаметр не превышает 15 мм, а при содержании в составе нитроглицерина (детониты) или гексогена (скальные аммониты) он меньше 10 мм. Восприимчивы к импульсу первичных средств инициирования (капсюлей-детонаторов), а также детонирующего шнура.

Аммониты, аммоналы и детонит М выпускаются в бумажных патронах диаметром от 28 до 90 мм и массой от 150 г до 3 кг. Менее чувствительный аммонит 6ЖВ изготавливается также в виде порошка, упакованного в бумажные мешки. По отдельным заказам аммонит 6ЖВ выпускается в полиэтиленовых мягких рукавах (оболочках) диаметром 90 мм и в полужестких оболочках диаметром 175 и 225 мм для зарядания обводненных скважин. Из этого аммонита изготавливают также заряды контурного взрывания и шланговые заряды.

Аммониты, аммоналы и детонит М применяют преимущественно в патронированном виде на подземных работах для взрывания крепких горных пород шпуровым методом или скважинными зарядами. Их широко используют в качестве патронов-боевиков на подземных работах и промежуточных зарядов для малочувствительных к первичным средствам инициирования гранулированных и водосодержащих ВВ.

Порошкообразный аммонит из-за пыления и относительно высокой чувствительности к механическим воздействиям и разрядам статического электричества непригоден для механизированных способов транспортирования и зарядания. В непатронированном виде он непригоден также для зарядания обводненных скважин, так как плохо тонет, а смешиваясь с водой, теряет свои детонационные свойства.

Аммониты, аммоналы и детонит М выдерживают часовую замочку в воде на глубине 1 м без потери детонационных свойств.

К недостаткам порошкообразных ВВ относится их склонность к слипанию с ослаблением детонационных свойств. Характеристики аммонитов, аммоналов и детонита М приведены в табл. 2.7.

Гарантийный срок хранения аммонитов и аммоналов в бумажной упаковке — 6 мес, детонита — 8 мес.

2.5. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ III—VII КЛАССОВ

Предохранительные взрывчатые вещества (ПВВ) отличаются пониженной способностью воспламенять смеси горючих рудничных газов (метана, водорода и др.) или пыли (угольной, серной и др.) с воздухом в шахтных выработках при производстве взрывных работ. Это свойство (предохранительность, антигигиридность) достигается тем, что в состав ПВВ вводят специальные соли-пламегасители (хлориды натрия, калия, аммония и др.), которые, с одной стороны, как невзрывчатые материалы понижают температуру продуктов взрыва, а с другой, попадая с продуктами взрыва в атмосферу призывного пространства в расплывленном состоянии, способны подавлять (нигилировать) процесс окисления горючих в атмосфере, приводящей к газовому или пылевому взрыву.

Чем выше содержание солей-пламегасителей в ПВВ, тем более безопасным будет ВВ, но вместе с тем, и менее энергоемким, и менее работоспособным.

Чтобы избежать этого противоречия, современные высокопредохранительные ВВ V—VII классов создаются на принципе селективной детонации. Он заключается в том, что ВВ состоит из двух составных частей, резко отличающихся по своей химической активности. Одна часть, обычно нитроглицерин, называемая сенсibilизатором, отличается высокой детонационной способностью, легко возбуждается и детонирует в любых условиях, например в открытом заряде. Другая часть состоит из инертной смеси окислителя и горючего, например натриевой селитры с хлористым аммонием и т.п. Компоненты этой смеси реагируют между собой с выделением тепла только в замкнутой камере, например в шпуре с забойкой, в котором достаточно долго сохраняется высокое давление газов взрыва сенсibilизатора. Такой состав ПВВ приводит к тому, что в наиболее опасных по поджиганию рудничных газов и пыли условиях — при подном или частичном обнажении заряда, например, при пересечении шпура трещинами, подбойке соседних зарядов при групповом короткозамедленном взрывании и т.п. — выделяется мало тепла (только за счет разложения сенсibilизатора, которого содержится не более 15 % в ВВ) и газы взрыва нагреты недостаточно для воспламенения метана. При взрыве же нормальных шпуровых зарядов выделяется вся потенциальная энергия ВВ. Таким образом, селективно-детонирующие ПВВ являются как бы самонастраивающимися на условия взрывания. К селективно-детонирующим ПВВ относятся углениты Э-6 и П-12ЦБ.

Нитроглицерин как сенсibilизатор вводят в состав не только селективно-детонирующих ВВ, но и некоторых ПВВ классического

типа (углепист № 5, серый и нефтяной аммониты) в количестве 4—15 % в целях повышения их детонационной способности.

ПВВ обладают водоустойчивостью, не теряют способности устойчиво детонировать после пребывания в мокрых шпурях в течение 30—60 мин.

ПВВ III и IV классов испытываются на предохранительность по ГОСТ 7140—81. Они не должны воспламенять метановоздушную смесь или взвешенную в воздухе угольную пыль в стальном опытном штрехе некоторой нормированной массой заряда. ПВВ V класса испытывают взрыванием открытого заряда, помещенного непосредственно в опытном штрехе, VI—VII классов — взрыванием заряда в угольной mortире, установленной также внутри штреха.

Серный аммонит IЖВ предназначен для применения в серных и колчеданных шахтах, нефтяной аммонит ЗЖВ — в нефтяных и озокеритовых шахтах. На предохранительность они испытываются аналогично угольным ПВВ, но при испытании серного аммонита в опытном штрехе диспергируется серная пыль, а при испытании нефтяного аммонита в штрехе создается взрывчатая смесь воздуха с метаном и парами бензина. Выпускаются эти ПВВ в патронах 31—32 мм или 36—37 мм массой 200 г.

Гарантийный срок использования всех выпускаемых ПВВ — 6 мес.

2.6. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВВ

В практике буровзрывных работ большое значение имеют некоторые физико-химические свойства ВВ, которые определяют их химическую и физическую стабильность, сохранность взрывчатых и других эксплуатационных свойств, возможность механизированного транспортирования и заряжания.

Увлажняемость. Большинство промышленных ВВ содержат гидрофильные, а также адсорбирующие материалы, способные поглощать влагу из воздуха. К таким материалам относятся аммиачная селитра и прочие минеральные нитраты, поваренная соль и другие минеральные соли-пламегасители, природные волокнистые органические материалы и др.

Содержание влаги, выходящее за нормы технических условий, может понизить чувствительность ВВ к инициирующему импульсу, передаче детонации на расстояние, критический диаметр детонации, критическую плотность. При очень высоком содержании влаги в ВВ могут произойти отказы и неполные взрывы, особенно в патронированных ВВ и зарядах небольшого диаметра. Увлажненные ВВ, как правило, выделяют при взрыве увеличенное количество ядовитых газов (окислов азота, окисл углерода). Содержание влаги

в аммиачно-селитренном ВВ способствует процессам перекристаллизации и слеживания ВВ.

По указанным причинам на большинстве промышленных ВВ (кроме водосодержащих) в технических условиях содержатся нормы по максимальному влагосодержанию.

Для предотвращения увлажнения ВВ патроны и пакки с патронами покрывают влагонепроницаемой мастикой (смесь парафина с петролатумом) или патроны помещают в полиэтиленовые пакеты, изготовленные из пленки рукавного типа по ГОСТ 10354—82 толщиной 80—100 мкм. Пакки с предохранительными ВВ, а также не предохранительными, подлежащими поставке на Крайний Север, дополнительно упаковывают в полиэтиленовые мешки-кладдши, которые перед укладкой в ящики ссыпают или склеивают. Непатронированные ВВ упаковывают в многослойные битумированные бумажные мешки, а для более тщательной влагоизоляции — в мешки из ламинированной (покрытой слоем полиэтилена) бумаги (по ТУ 81-04-49—71) или в мешки, содержащие полиэтиленовые вкладдши.

Слеживаемость — потеря порошкообразным ВВ сыпучести — вызывается процессами рекристаллизации гидрофильных компонентов ВВ (аммиачной селитры, поваренной соли и др.) при подсыхании ВВ, а также при температурных переходах, приводящих к модификационным превращениям кристаллов. Появление в массе ВВ новых кристаллов при подсыхании насыщенных растворов или возникновении расширяющих усилий при модификационных переходах, сопровождающихся увеличением объема, например переход кристаллов аммиачной селитры из β -формы в γ -форму при температуре $+32^\circ\text{C}$, приводят к сцеплению частиц ВВ между собой.

Слеживаемость ВВ увеличивается под нагрузкой, а также с уменьшением размера частиц ВВ.

Для снижения слеживаемости аммиачно-селитренных ВВ их гранулируют, упаковывают сухими и охлажденными (ниже 32°C), влагоизолируют, вводят в состав ВВ разрыхляющие и предотвращающие слеживание добавки некоторые красители, поверхностно-активные вещества и др.

Способность аммиачно-селитренных ВВ к слеживаемости определяют по методике Пестова, основанной на выдержке под давлением увлажненного ВВ в присутствии водоотнимающего материала (серной кислоты). Мерой служит давление раздавливания столбика ВВ. Характерные показатели слеживания: сильно слеживающиеся ВВ — аммонит 6ЖВ — при начальной влажности 0,1 % по пробе Пестова показывает давление раздавливания столбика 0,23 МПа; ВВ со средней способностью к слеживанию — аммонит 6ЖВ, содержащий гидрофобную добавку, при той же начальной влажности — 0,06 МПа.

Под водоустойчивостью промышленных ВВ понимают способность их сохранять свои взрывчатые свойства при нахождении в воде на определенной глубине.

Полная потеря способности к детонации или заметное снижение взрывных характеристик ВВ при помещении их в водную среду может быть следствием двух причин: вымывания из ВВ растворимых компонентов (аммиачной селитры) и флегматизации состава ВВ водой при проникании ее в глубь заряда. Процесс проникновения усиливается с увеличением гидростатического давления, т.е. с увеличением глубины погружения заряда ВВ. Отрицательное действие воды определяется также длительностью ее контакта с ВВ. Поэтому мерой водоустойчивости служит максимальное время пребывания ВВ в воде в некоторых заданных условиях без потерь взрывчатых свойств, определяемых тем или иным показателем.

Аммиачно-селитренным ВВ водоустойчивость придают несколькими способами. В патронированные порошкообразные ВВ вводят гидрофобные (водоотталкивающие) добавки в количестве от нескольких десятых до нескольких процентов, такие, как соли жирных кислот, парафины и др. Частицы этих добавок, равномерно распределенные в массе ВВ, создают в ней пространственную гидрофобную решетку, которая препятствует проникновению воды в глубь патрона.

Водоустойчивость может быть достигнута пластификацией ВВ, приданием ему беспористой структуры, которая препятствует проникновению воды в ВВ. Примером таких ВВ могут служить акваланты. Пластифицирующей основой могут быть гели как водонерастворимых жидкостей (нитроглицерин), так и самой воды или водорастворимых жидкостей (спиритов и др.). Этот прием пригоден как для патронированных ВВ (высоковязких пластичных), так и для непатронированных низковязких текучих, таких, как, например, инфантиты или акватоны, но в этом случае пластифицирующий гель должен обладать более высокими механическими свойствами, чтобы предотвратить диспергирование струн при зарядании скважины. Это достигается структурированием геля, в который вводятся добавки, производящие «сшивку» молекулы полимера, образующего гель с соответствующей жидкостью.

Случаям непатронированным ВВ водоустойчивость придают путем покрытия гранул селитры пленкой из водонепроницаемых материалов, взрывчатых (плавленный тротил) или горючих (воски, парафины, полимеры). Степень водоустойчивости в этом случае зависит от сплошности пленки и прочности ее скрепления с поверхностью гранулы.

Степень водоустойчивости патронированных ВВ определяют путем измерения расстояния передачи детонации после пребывания

патронов в воде на заданной глубине (1 м или 5 см) в течение заданного времени (30 мин или 1 ч). Расстояние передачи должно быть не менее нормированной величины.

Водоустойчивость непатронированных ВВ обычно оценивают по степени выщелачивания аммиачной селитры из массы ВВ, помещенной в воду на заданный интервал времени (часы или сутки).

Старением ВВ называют необратимое ухудшение их взрывчатых и эксплуатационных свойств, происходящее в результате внутренних физико-химических процессов или взаимодействия ВВ с внешней средой (под воздействием осадков, солнечной радиации, высокой температуры воздуха и др.). Для аммиачно-селитренных ВВ наибольшее влияние на изменение свойств оказывает влагообмен с окружающей средой. Поэтому сохранность свойств во многом определяется качеством упаковки ВВ.

В зависимости от природы ВВ и качества упаковки устанавливается гарантийный срок использования ВВ, в течение которого гарантируется сохранность всех нормированных государственным стандартом показателей на ВВ при соблюдении установленных правил их хранения и перевозки. В нашей стране этот срок составляет от 6 до 12 мес со дня изготовления ВВ (для продукции специализированных заводов).

2.7. УПАКОВКА И РАСФАСОВКА ВВ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Виды упаковки и расфасовки ВВ зависят от свойств ВВ, их назначения, гарантируемых сроков сохранности свойств, условий хранения, перевозок и применения.

ВВ с низкой детонационной способностью (большим критическим диаметром), к которым относятся все гранулированные ВВ, выпускаются только в рассыпном виде. Порошкообразные аммониты и аммоналы могут выпускаться как в рассыпном, так и в патронированном виде. ВВ с высокой чувствительностью к механическим воздействиям (детониты, скальные аммониты и аммоналы), а также все предохранительные ВВ выпускаются только в патронированном виде.

Гранулированные и непатронированные порошкообразные ВВ упаковывают в двоянные 4-слойные бумажные битумированные мешки (ГОСТ 2226—75) или в мешки с полиэтиленовым покрытием (ТУ 81-04-49—71) массой 40—45 кг. При упаковке гранулов, содержащих индустриальное масло, для предотвращения промасливания мешкотары в один из мешков вкладывают полиэтиленовый мешок-вкладыш толщиной 100 мкм. Такой же вкладыш используют при отгрузке любых аммиачно-селитренных ВВ на Крайний Север,

причем мешки помещают в деревянный ящик или ящик из древесноволокнистых плит размером $285 \times 330 \times 690$ мм.

Гранулолот и алюмолот упаковывают в сдвоенные 4-слойные мешки или в одинарный шестислойный, поверх которых одевают мешок из джута.

Нерасфасованные пластичные ВВ (типа высоковязких аквало) упаковывают в полиэтиленовые мешки с толщиной пленки 200—250 мкм, вложенные в бумажные мешки или в деревянные ящики. Эти ВВ могут упаковываться также в полиэтиленовые пакеты и мешки массой по 5 и 20 кг.

Патронированная продукция выпускается по типоразмерам, предусмотренным ГОСТами или ТУ. Нормируются величины диаметра патронов и их массы.

Для предохранительных ВВ стандартный диаметр патронов составляет 36—37 мм, для непереходных — 27—28 мм (детониты), 31—32; 36—37; 44—45 мм (прессованный скальный аммонит). Стандартными массами (г) являются: 150 (для патронов диаметром 27—28 мм); 200; 250; 300 и 500 (для прессованного скального аммонита). Длина патронов определяется плотностью набивки патронов и находится в диапазоне от 220 до 330 мм.

Аммонит 6ЖВ, аммонал, скальный аммонит порошкообразный по заказам потребителей могут выпускаться также в патронах увеличенного диаметра от 50 до 120 мм, массой от 1 до 5 кг и длиной до 500 мм в бумажной или полиэтиленовой оболочке.

Патроны стандартного диаметра упаковываются в пакеты из парафинированной бумаги или пакеты из полиэтилена (по 8—12 патронов в пакете). Для изготовления пакетов применяют полиэтиленовую пленку по ГОСТ 10354—82 толщиной 80—100 мкм.

Пакеты и полиэтиленовые пакеты упаковывают в деревянные ящики по ГОСТ 14839.20—77 или ящики из древесно-волоконистой плиты по ОСТ 84-1073—75. Допускается также укладка пачек в ящики из гофрированного картона. Число пачек в деревянных ящиках составляет от 12 до 18 при общей массе ВВ нетто 36—37 кг. В ящики из гофрированного картона помещают не более 24 кг ВВ. Масса деревянного ящика 10—12 кг, древесно-волоконистого 6—8 кг, из гофрированного картона — 1 кг. Патроны крупного диаметра упаковывают в деревянные ящики массой до 45 кг.

В зависимости от характера упаковки устанавливают гарантийный срок использования ВВ. При упаковке в бумагу гарантийные сроки обычно составляют 6 мес, при упаковке в полиэтиленовую пленку — 12 мес.

3. СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

Для возбуждения детонации зарядов ВВ применяется взрыв небольшого по величине заряда инициирующего ВВ, размещенного в капсуле-детонаторе (КД) или электродетонаторе (ЭД), или через более мощный промежуточный детонатор при использовании мало-чувствительных к первоначальному импульсу ВВ. Иницирующие ВВ имеют высокую чувствительность к трению, сжатию и огню, поэтому при обращении со средствами инициирования (СИ) необходимо соблюдать максимальную осторожность.

В качестве первичных инициирующих ВВ применяют ВВ, обладающие высокой чувствительностью к тепловым или механическим воздействиям, способные взрываться при малом критическом диаметре (менее 6 мм) от горящей сердцевинки огнепроводного шнура (ОШ), в ЭД — от горящей воспламенительной головки или замедляющего состава. Это гремучая ртуть, азид свинца и тринитротетразинат свинца. В качестве вторичных инициирующих ВВ применяют тетрил, гексоген и ТЭН.

В зависимости от способа возбуждения взрыва ВВ в КД и ЭД различают огневое, электроогневое и электрическое инициирование зарядов.

3.1. СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ОГНЕВОГО И ЭЛЕКТРООГНЕВОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ

К средствам огневого инициирования зарядов ВВ относят КД, ОШ и средства его зажигания.

Для электроогневого инициирования в качестве средств зажигания ОШ используют электрозажигательные патроны.

При взрывании с помощью детонирующего шнура (ДШ) используют средства огневого, электроогневого и электрического инициирования зарядов ВВ.

3.1.1. Средства огневого инициирования

Огневое инициирование отличается простотой и низкой стоимостью. Применяется при взрывании одиночных зарядов на земной

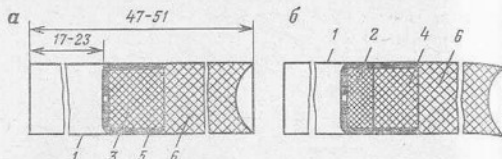


Рис. 3.1. Капсюль-детонатор:
а — гремучертутно-тетридовый; б — азидотетридовый

поверхности, в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли, а также для возбуждения детонации сети детонирующего шнура.

Капсюли-детонаторы представляют собой цилиндрическую гильзу 1 диаметром 6,9—7,7 мм и длиной 47—51 мм, снаряженную зарядами первичного 2, 3, 4 и вторичного 6 инициирующего ВВ, величина которых подобрана из условия надежности передачи детонации (рис. 3.1). Первичное инициирующее вещество перед снаряжением в КД насыпается в металлические чашечки 5 с отверстиями в центре диаметром 2—2,5 мм, закрытыми шелковой сеточкой, которая мгновенно сгорает от дуга огня.

В настоящее время промышленностью выпускаются КД, которые в зависимости от состава заряда первичного инициирующего ВВ делятся на гремучертутно-тетриловые и азидотетриловые.

Гремучертутно-тетриловые КД изготавливают в медных, бумажных или биметаллических гильзах. Они содержат заряд гремучей ртуты 3 и тетрила (см. рис. 3.1, а).

Азидотетриловые КД изготавливают в алюминиевых или бумажных гильзах. Они содержат заряд ТНРС 2, азид свинца 4 и тетрила; иногда вместо тетрила применяют ТЭН (см. рис. 3.1, б).

В марку КД входят название применяемых инициирующих ВВ, номер и буква, обозначающие материал гильзы (Б — бумага, С — биметалл).

Заряд инициирующих ВВ (первичного и вторичного) занимает $\frac{1}{3}$ высоты гильзы. Верхняя свободная часть гильзы (дудыше) предназначена для введения ОШ или электровоспламенителя (ЭВ) при изготовлении ЭД.

КД, соединенный с отрезком огнепроводного шнура, называют зажигательной трубкой.

Огнепроводный шнур применяется для передачи дуга огня на некоторое расстояние в течение определенного промежутка времени для возбуждения взрыва инициирующего ВВ в КД или воспламенения пороховых зарядов. ОШ представляет собой прессо-

ванную из дымного пороха сердцевину с направляющими нитями, завернутую в нитяные оплетки с гидроизоляционными прослойками.

Наружный диаметр ОШ составляет 5—6 мм. Скорость горения — 1 см/с. Единичными правилами безопасности при взрывных работах предусмотрено, что отрезок ОШ длиной 60 см должен сгорать за 60—70 с. Применение ОШ обеспечивает требуемый интервал времени для удаления взрывника от места взрыва на безопасное расстояние, после того как он произвел его поджигание.

ОШ выпускают следующих видов: асфальтированный ОША (для сухих и влажных забоев), с пластиковым покрытием ОШП и экструзионный ОШЭ (для обводненных забоев).

При хранении ОШ подвергается воздействию влажного воздуха или других вредных факторов, поэтому скорость его горения может изменяться. Запрещается нахождение ОШ в контакте с нефтепродуктами, поскольку они могут растворять изолирующий состав оболочки шнура. Характеристика отечественных ОШ приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика огнепроводных шнуров

Марка	ОШ	Основные размеры ОШ		Предел измерения температуры, °С	
		Диаметр, мм	Длина в бухте, м	Теплостойкость	Морозостойкость
ОША	Асфальтированный	5,3	10	+45	—25
ОШП	Пластиковый	5,5	10	+50	—35

Продолжение табл. 3.1

Марка	ОШ	Водопроницаемость, не менее, ч	Материал наружного покрытия	Условия применения	Гарантийный срок, год
ОША	Асфальтированный	1	Водоизолирующая опудренная мастика	Влажные и сухие породы	1
ОШП	Пластиковый	4	Пластиковая масса	Обводненные породы	5



Рис. 3.2. Отрезок огнепроводного шнура

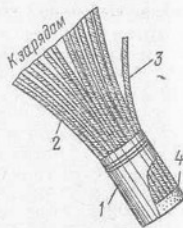


Рис. 3.3. Зажигательный патрон: 1 — корпус патрона; 2 — отрезки шнуров от зарядов ВВ; 3 — воспламеняющий отрезок; 4 — зажимный состав

При взрывании нескольких зарядов (поджигании нескольких отрезков шнура) Единиными правилами безопасности при взрывных работах разрешается зажигать их тлеющим фитилем, отрезком ОШ или специальными патрончиками. Зажигательный тлеющий фитиль состоит из пропитанной раствором калиевой селитры сердцевинки (пучок хлопчатобумажных или льняных нитей) диаметром 6—8 мм, заключенной в хлопчатобумажную оплетку. Он легко загорается от спички и хорошо поджигает ОШ. Фитиль тлеет со скоростью 0,4—1,0 см/мин. Для зажигания отрезком ОШ («затравкой») предварительно в нем делают косые надрезы, из которых при горении вылетают искры, хорошо поджигающие шнуры (рис. 3.2). Число надрезов на шнуре должно быть равным числу поджигаемых зарядов, а его длина должна быть на 60 см короче отрезка шнура, идущего к заряду.

Зажигательные патроны, применяемые для группового зажигания 10—38 отрезков ОШ, представляют собой бумажные стаканчики, на дне которых размещен в виде лепешки пороховой воспламеняющий состав (рис. 3.3). Собранные в пучок ОШ вводят в стаканчик вплотную в пороховую лепешку и обвязывают шпагатом. Одновременно в патрон вводят короткий (15—30 см) воспламеняющий отрезок шнура. Зажженный воспламеняющий отрезок ОШ воспламеняет пороховую лепешку, от которой загораются все помещенные в патрончик шнуры.

3.1.2. Технология огневого и электроогневого способов инициирования

Огневого инициирования зарядов применяют при взрывных работах на поверхности, в рудниках и шахтах, не опасных по газу и пыли. Для огневого инициирования зарядов необходимо: нарезать ОШ на отрезки заданной длины, проверить каждый КД, из-

готовить зажигательные и контрольные трубки в здании подготовки ВМ или в специальных камерах, изготовить патроны-боевики, произвести заряджание и забойку шпуров или скважин в соответствии с паспортом БВР, произвести зажигание контрольной трубки, отрезков ОШ, идущих к боевикам, и уйти в безопасное укрытие; вести счет взрывающимся зарядов; осмотреть забой после проветривания и при обнаружении отказавших зарядов произвести их ликвидацию. Для зажигательных трубок применяют отрезки шпуров не короче 1 м и не длиннее 10 м. Длина шпуров зажигательных трубок для выполнения одного взрыва должна быть одинаковой и выбирается такой, чтобы концы ОШ выступали из шнура не менее чем на 25 см. От каждой бухты ОШ предварительно отрезают с обоих концов отрезки по 5 см, которые уничтожают. При обнаружении дефектов в шнуре (пережиги, утолщения, разрывы) этот участок вырезают и уничтожают.

Один срез ОШ делают прямым (для введения в КД), а другой — прямым или косым (для удобства зажигания). При использовании зажигательных патрончиков и электроогневого инициирования оба конца шнура отрезаются под прямым углом. Шнур в детонатор вводят без вращения. Перед введением ОШ внутреннюю часть КД осматривают, и если внутри детонатора обнаружены какие-то частицы, то они удаляются путем осторожного постукивания краем дульной части о ноготь пальца. При работах в мокрых забоях место соединения КД с ОШ изолируется специальной мастикой.

Патрон-боевик при огневом инициировании представляет обычный патрон ВВ, в который вставлен КД зажигательной трубки. Патрон-боевик взрывается от КД зажигательной трубки и вызывает взрыв всего заряда ВВ. Патроны-боевики изготавливаются взрывниками на месте производства взрывных работ, на расстоянии 50 м от места заряджания. Последовательность выполнения операций показана на рис. 3.4.

При применении только российских ВВ патроны-боевики изготовляют, завертывая в прочную бумагу определенное количество ВВ. При взрывании шпуров и заряджании их порошкообразным ВВ на карьерах патроны-боевики можно не изготовлять, а зажигательную трубку при этом вводят непосредственно в заряд, полностью погружая в него КД зажигательной трубки. Патроны-боевики при применении прессованных аммонитов разрешается изготовлять только из патронов с гнездами заводского изготовления под детонаторы.

После заряджания ВВ и помещения в заряд патронов-боевиков свободную часть зарядной камеры заполняют забойным материалом. В качестве забойки для шпуров лучше всего применять песчано-глинистую смесь или песок. При взрывании скважинных зарядов в качестве забойки часто используют буровую мелочь, мелкораз-

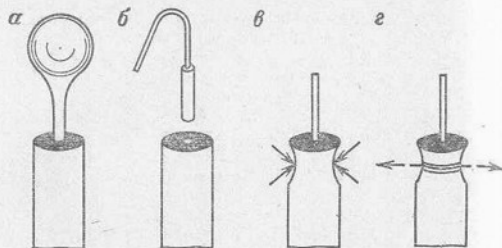


Рис. 3.4. Последовательность изготовления патрона-боевика при огневом взрывании (а—г — стадии изготовления)

дробленную породу, отходы дробильно-сортировочных и обогащательных фабрик; при камерных зарядах используют породу, извлекаемую из камер при их проходке. Первые порции забойки вводят с повышенной осторожностью, чтобы не производить ударов по боевику. Следующие порции забойки вводят с последующим уплотнением (при необходимости), но так, чтобы не повредить огнестойкие шнуры, идущие от зарядов.

Перед поджиганием свободные концы зажигательных трубок, идущие от боевиков, должны быть распрямлены. При ведении взрывных работ на карьерах и зажигании более пяти зажигательных трубок для контроля времени, затрачиваемого на зажигание, применяют контрольную трубку, изготовленную из КД с бумажной гильзой. ОШ контрольной трубки должен быть на 60 см короче шнуров в зажигательных трубках патронов-боевиков. Взрывник зажигает этот шнур, откладывает контрольную трубку в сторону, и начинает поджигание остальных шнуров тлеющим зажигательным фитилем или отрезком ОШ с надрезами по числу зарядов.

После взрыва контрольной трубки или сгорания отрезка шнура «затравки» взрывники должны немедленно уйти в безопасное место, так как примерно через 60 с начнут взрываться заряды. При обнаружении отказа (или при подозрении на него) взрывник должен немедленно выставить отличительный знак у незорвавшегося заряда, уведомить об этом руководителя взрывных работ или заменяющее его лицо сменного технического надзора и ликвидировать отказавший заряд согласно Единым правилам безопасности при взрывных работах с учетом местных условий.

Недостатками огневого инициирования являются: повышенная опасность, так как взрывник находится в момент поджигания непо-

средственно у зарядов; невозможность получения точных интервалов между взрывами; невозможность контроля исправности средств инициирования, образование большого количества ядовитых газов при сгорании шнура.

Для повышения безопасности и надежности огневого инициирования вместо зажигательных патронов применяют специальные электрозажигатели или электрозажигательные патрончики ЭЗ-ОШ, ЭЗТ-2. В этом случае способ инициирования называется электроогневым.

Электроогневое инициирование рекомендуется во всех случаях, когда огневое инициирование применять невыгодно или небезопасно. Например, когда взрывник не имеет возможности своевременно уйти в укрытие, когда подход к месту взрывных работ и уход из него требуют специальных приспособлений (лестницы, полки, веревки), а также при проходке и углубке стволов шахт или шурфов, при проходке выработок, имеющих угол наклона свыше 30°, и т.д.

Основное отличие электроогневого инициирования от обычного огневого состоит в электрическом поджигании из безопасного места отрезков ОШ с помощью электрозажигателей.

Технология выполнения работ при электроогневом инициировании аналогична технологии работ при огневом инициировании. Этот способ оказался полезным и необходимым в условиях, где имеются высокие потенциалы блуждающих токов и нельзя использовать электровзрывание. Способ оказался удобным и безопасным при больших обвалениях кровли, когда возможно обрушение ее при одновременном взрывании большой группы зарядов. Широкое применение способ электроогневого инициирования получил на рудниках черной и цветной металлургии.

3.1.3. Средства электроогневого инициирования зарядов ВВ

Электрозажигательные трубки и патроны представляют собой бумажную или металлическую гильзу с лепешкой из зажигательной смеси (порох, парафин и канфоль). Воспламенение зажигательной лепешки производят с помощью электрического тока, пропускаемого через мостик накалывания.

Применяют следующие способы подведения электрического тока к патрончику и изменения зажигательной лепешки.

1. Тонкая проволока пропускается через пороховую лепешку патрончика; при прохождении по ней электрического тока выделяется тепло, за счет чего вспыхивает лепешка и зажигаются все отрезки ОШ, вставленные в патрончик.

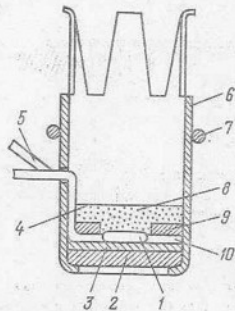


Рис. 3.5. Электрозажигательный патрон ЭЗП-Б

пламя пороховую лепешку, а через нее — концы ОШ зажигательных трубок.

Электрозажигательные патроны ЭЗП-Б состоят из гильзы 6 с вырезами, сделанной из прочной бумаги, в которой находятся ЭВ 1 и зажигательный состав 8, покрытый слоем лака 4 (рис. 3.5). Пучок ОШ на месте выполнения взрывных работ вставляется в дульные гильзы (до соприкосновения с зажигательным составом), которое затем стягивается резиновым кольцом 7.

ЭВ расположен непосредственно под слоем зажигательного состава в вырезе вкладыша 10 и закреплен в гильзе тремя круглыми вкладышами из прочной бумаги. Нижний сплошной вкладыш 3 прикреплен к вкладышу 10. Верхний вкладыш 9 с круглым отверстием, расположенным против головки ЭВ, также прикреплен к вкладышу 10. Весь узел (ЭВ с вкладышами) прикреплен к оставшемуся дну гильзы 2, сделанному из картона. Выводные провода 5 пропущены через отверстие в гильзе.

В зависимости от числа поджигаемых отрезков ОШ (от 1 до 38) патроны ЭЗП-Б изготавливают пяти номеров.

Электровоспламенители патронов ЭЗП-Б типовые с жестким креплением мостика. В настоящее время вместо ЭЗП-Б выпускается комплект из ЗП-Б и ЭЗ-ОШ (ТУ 84-972-83).

Для зажигания одного отрезка ОШ применяют электрозажигательные трубки ЭЗТ-2 и электрозажигатели огнестойкого шнура ЭЗ-ОШ-Б по ТУ 84-207—81 при $I_0 = 0,18$ А и $I_{гв} = 1$ А. Область

2. Электровоспламенитель, используемый в ЭД, вводится в пороховую лепешку; электрический ток нагревает мостик накаливания ЭВ, после чего вспыхивает воспламенительный состав вокруг мостика накаливания, а от него пороховая лепешка и все отрезки ОШ.

3. В гильзу диаметром 5—6 мм вводится с одного конца электровоспламенитель, а с другого — отрезок ОШ до пороховой лепешки. Электрический ток нагревает мостик накаливания электровоспламенителя, после чего вспыхивает воспламенительный состав вокруг мостика накаливания и зажигает отрезок шнура в гильзе, который, дгорая, воспламеняет пороховую лепешку, а через нее — концы ОШ зажигательных трубок.

Рис. 3.6. Электрозажигательная трубка ЭЗТ-2

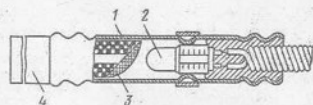
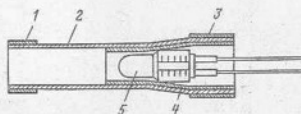


Рис. 3.7. Электрозажигатель огнестойкого шнура ЭЗ-ОШ-Б



применения — открытые горные работы, шахты не опасные по взрыву газа или пыли, при температуре окружающего воздуха от $+50$ до -40°C .

Электрозажигательная трубка ЭЗТ-2 (ТУ 84-205—80, $I_0 = 0,18$ А, $I_{гв} = 1$ А) предназначена для зажигания одного отрезка ОШ в сухих и увлажненных местах. Она состоит из биметаллической гильзы 1 с толщиной стенок 0,7 мм, электровоспламенителя 2, отрезка огнестойкого шнура 4 и зажигательного состава 3, нанесенного на торец трубки (рис. 3.6). ЭД закрепляют в гильзе обжатием ее по пластиковой пробке, напрессованной на выводные провода с пластмассовой изоляцией. Отрезок ОШ длиной 250—600 мм закрепляется в гильзе обжатием ее по шнуру. Трубки ЭЗТ-2 снабжены медными проводами длиной 2 м.

Размеры трубки ЭЗТ-2: диаметр 6,9 мм, длина гильзы 51 мм. Электрозажигатель огнестойкого шнура ЭЗ-ОШ-Б предназначен для зажигания одного отрезка огнестойкого шнура (рис. 3.7). Он состоит из толстостенной гильзы 2, сделанной из прочной бумаги, стальных втулок 1 и 3, бумажной втулки 4 и электровоспламенителя 5. На заводе-изготовителе ЭВ вставляют в бумажную втулку, после чего втулку вводят в гильзу. Затем на гильзу надевают стальную втулку 3, которую обжимают. При этом втулка и гильза сплюсываются и ЭВ прижимается к гильзе. Вторая стальная втулка 1 насаживается на дульце гильзы и закрепляется на ней клеем.

Огнестойкий шнур на месте выполнения взрывных работ вводят в дульце гильзы до соприкосновения с бумажной втулкой и закрепляют в гильзе обжатием втулки 1. Электровоспламенитель используют типовой с жестким креплением мостика. Выводные провода медные или стальные длиной 1 м. Сопротивление электрозажигателя с медными проводами 1,5—3,5 Ом.

3.1.4. Меры безопасности при огневом и электроогневом способах инициирования зарядов

При огневом и электроогневом инициировании время задержки между шпуровыми зарядами зависит от длины зажигательной трубки и практически неуправляемо.

Основные причины отказов при огневом инициировании:

переуплотнение патронов ВВ от взрыва соседних шпуровых зарядов;

обрыв ОШ при взрыве соседнего шпурового заряда;

раздвижка патронов ВВ в результате большого задержания между взрывами соседних зарядов и при недостаточном количестве внутренней забойки в шпуре.

Отказы могут происходить за счет воздействия горячего гидроизолирующего состава, используемого для гидроизоляции патронов-боек, на детонирующий или огнестойкий шнур.

В подземных условиях за один прием разрешается поджигать не более 16 ОШ и не более шести патронов для группового зажигания. На открытых горных работах число зажиганий ограничивается только временем горения контрольной трубки.

В широких забоях более 5 м зажигание ОШ разрешается производить двум взрывникам, из которых один назначается старшим. Последний зажигает контрольную трубку, дает разрешение на зажигание, организует своевременный отход в безопасное место или в укрытие и ведет счет взрывов. Если число взрывов оказалось меньше числа зажигательных зарядов, то к месту взрыва разрешается подходить не ранее чем через 15 мин с момента последнего взрыва, после чего необходимо найти отказавший заряд и ликвидировать его.

При отсутствии отказов подходить к месту взрыва разрешается только после окончания подвижки взорванных пород и после полного проветривания, но не ранее чем через 5 мин с момента последнего взрыва на открытых работах и 15 мин — в подземных выработках.

Если к моменту догорания контрольного шнура взрывник не успел зажечь все концы зажигательных трубок, то он все равно должен немедленно уйти из забоя в укрытие. Старший взрывник в этом случае должен организовать вывод взрывников из опасной зоны.

3.2. СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ

К средствам электрического инициирования ВВ относят ЭД, взрывные и контрольно-измерительные приборы и магистральные провода.

Электродетонаторы выпускаются мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия, предохранительные и не предохранительные, нормальной, пониженной и низкой чувствительности к электрическому току и разной способности инициирования зарядов.

3.2.1. Электродетонаторы

Электродетонаторы мгновенного (рис. 3.8) и короткозамедленного (рис. 3.9) действия представляют собой металлическую гильзу, внутри которой расположены бризантное, инициирующее вещества и электровоспламенитель с полистироловой пробочкой (рис. 3.10) и концевыми проводами.

По чувствительности инициирующие вещества делятся на первичные и вторичные (табл. 3.2).

Взрыв инициирующего вещества в ЭД происходит от ЭВ, изготовляемого из нихромовой проволоки (сплав никеля 80 % и хрома 20 %) в виде мостика накаливания и воспламенительного состава вокруг него. Диаметр мостика накаливания в ЭВ принят 30 ± 2 мкм, а длина — от 1 до 3 мм. Мостики в отечественных ЭД изготавливают эластичные и жесткие. При эластичном способе крепления мостик припаивают непосредственно к концевым проводам, а при

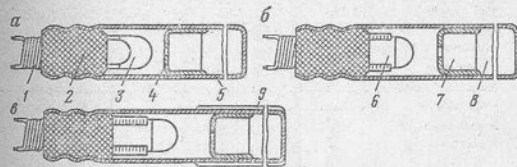


Рис. 3.8. Электродетонаторы мгновенного действия:

а, б — предохранительные; а — предохранительные; 1 — концевые провода; 2 — пробочка; 3 — эластичный мостик; 4 — колпачок; 5 — гильза; 6 — жесткий мостик; 7 — инициирующий ВВ; 8 — бризантный ВВ; 9 — предохранительное покрытие

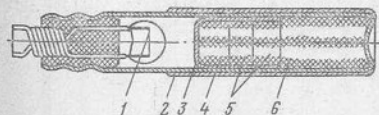


Рис. 3.9. Электродетонатор короткозамедленного действия предохранительный мгновенный (ЭД-КЗ-ПМ-39):

1 — эластичный электровоспламенитель; 2 — предохранительное покрытие; 3 — колпачок; 4 — замедляющий состав; 5 — инициирующий ВВ; 6 — бризантный ВВ

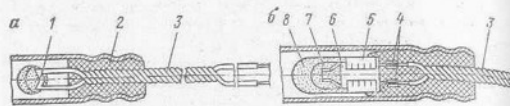


Рис. 3.10. Электровоспламенители с эластичным (а) и с жестким (б) креплениями мостика накалывания:

1 — мостик накалывания; 2 — пластиковая пробка; 3 — концевые провода; 4 — контактные полосы; 5 — латунная скоба; 6 — изоляционный картон; 7 и 8 — соответственно первый и второй слой воспламенительного состава

жестком — приштамповывают к латунным контактным полоскам. С другого конца к этим полоскам припаивают концевые провода. Электрические характеристики ЭВ с жестким и эластичным креплением отличаются. Например, сопротивление у первых составляет 1,8—3 Ом, а у вторых — 2—4,2 Ом.

Воспламенительный состав у отечественных ЭД двухслойный. Внутренний слой состоит из высокочувствительных к тепловому импульсу компонентов, имеющих низкую температуру воспламенения.

Таблица 3.2

Характеристика инициирующих веществ

Показатели	Первичные			Вторичные		
	Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНТР	Тетрил	ТЭН	Гексоген
Теплота взрыва, кДж/кг	1700	1590	1740	4500	5900	5500
Объем газов взрыва, л/кг	316	308	448	412	780	890
Температура взрыва, °C	4450	4300	3030	3810	4000	3850
Плотность, г/см³	3,5	4,6	2,9	1	1	1,05
Кислородный баланс, %	-11,8	—	-56	-47,4	-10,1	-20,1
Скорость детонации, км/с	5,4	5,3	5,2	7,2	8,2	8,3
Работоспособность в свинцовой бомбе, см³	110	115	110	350	500	520
Температура вспышки, °C	165	327	270	195	220	203
Чувствительность к удару (высота падения груза массой 2 кг), см	2	4	11	30	30	30

Наружный слой делают менее чувствительным, но более жгучим, способным надежно воспламенить инициирующие вещества. Сверху головку ЭВ покрывают нитролаком.

Энергия, выделившаяся на мостике, сначала расходует на нагревание прилегающих к нему частей внутреннего слоя воспламенительного состава, которые после нагрева до определенной критической температуры начинают плавиться. В итоге компоненты вступают в реакцию, которая сопровождается выделением тепла. Через определенное время наступает момент, когда реакция внутри воспламенительного состава может протекать без поступления тепла извне. Время от момента включения тока до начала саморазвивающейся реакции в воспламенительном составе ЭВ называется временем воспламенения $t_{в}$, а время от начала саморазвивающейся реакции до срабатывания ЭВ, т.е. до момента окончания реакции и выхода пламени за пределы воспламенительной головки, — временем передачи θ . Этот механизм срабатывания ЭВ проявляется только при малых токах, близких к безопасному. При больших токах 0,8 А и более процесс саморазвивающейся реакции в воспламенительном составе в направлении от мостика накалывания к наружной поверхности воспламенительной головки ЭВ может обрываться, так как происходит преждевременный разброс воспламенительного состава. В этом случае время передачи может быть близким к нулю.

Гильзы для ЭД, предназначенные для использования в угольных шахтах, изготавливают из меди или биметалла, колпачки — из стали. Размеры гильзы: наружный диаметр 7,7—7,35 мм, внутренний — 6,5—6,3 мм, длина — 67—75 мм.

Характеристика ЭД мгновенного действия приведена в табл. 3.3, а ЭД с замедлением — в табл. 3.4.

Замедление в ЭД достигается с помощью столбика замедляющего состава, размещаемого между ЭВ и инициирующим ВВ. В зависимости от времени замедления различают ЭД короткозамедленного и замедленного действия.

Электродетонаторы замедленного действия ЭД-ЗД имеют интервалы замедлений от 0,5 до 10 с и конструктивно не отличаются от ЭД-КЗ. Разброс по времени срабатывания делается таким, чтобы ЭД с большим замедлением не взорвался раньше ЭД с меньшим замедлением.

Необходимая величина замедления достигается подбором состава замедлителя и длиной его столбика. Номинальное время срабатывания ЭД указывается на донышке гильзы или на металлической бирке, прикрепленной к выводным проводам.

Сопротивление ЭД складывается из электрического сопротивления мостика и выводных проводов. Величина сопротивления дает возможность судить об отсутствии серьезных неисправностей в ЭВ.

Таблица 3.3

Характеристика ЭД мгновенного действия

Марка ЭД, ГОСТ, ТУ	Надугарный диаметр, мм	Длина, мм	Время сраба- тывания при токе 1 А, мс	Толщина стенок гильзы, мм	Масса вторич- ного индук- тирующего ВВ,
ЭД-8-Э	7,2	50—60	2—6	0,2—0,3	1,0
ЭД-8-Ж, ГОСТ 9089—75	7,2	50—60	2—6	0,2—0,3	1,0
ЭД-1-8-Т, ТУ 84-638—85	7,2	50—60	1—4	0,2—0,3	1,0
ЭД-КЗ-ОП, ГОСТ 21806—76	7,7	72	2—6	На поверхность гильзы нано- сится пламега- ситель толщи- ной 0,1 мм	1,6

как-то: обрыва мостика, замыкания вилочки, неустойчивого контакта между мостиком и вилочкой, замыкания в выходных проводах. Сопротивление ЭД необходимо знать для расчета электровзрывной сети.

Безопасный ток I_6 — максимальное значение (верхний предел) постоянного тока, который не вызывает взрыва ЭД при любой его продолжительности.

Длительный воспламеняющий ток $I_{дл}$ — минимальное значение (нижний предел) постоянного тока, который, протекая через ЭД более 1 мин, вызовет его взрыв.

Импульс воспламенения k_b — наименьшее значение импульса тока (постоянного), при котором происходит воспламенение ЭВ. Размерность импульса воспламенения $A^2 \cdot c$. На практике обычно пользуются величиной, в тысячу раз меньшей, которая обозначается $A^2 \cdot ms$.

Обратную величину импульса воспламенения называют чувствительностью ЭД. Чем меньше импульс воспламенения у ЭД, тем он более чувствителен к току. Величина импульса воспламенения строго регламентирована.

Для обеспечения надежности электровзрывания достаточно, если разброс импульса воспламенения ЭД в одной группе не превышает 1 $A^2 \cdot ms$. Однако фактический импульс воспламенения у отечественных ЭД разных партий, изготовленных разными заводами, колеблется в более широких пределах. В связи с этим нецелесооб-

Таблица 3.4

Характеристика ЭД короткозамедленного и замедленного действия для инициирования ВВ

для иницирования

ЭД, ТУ, ГОСТ	Замедление		Безопасный ток, А	Норм. жур-нального по-стояния
	Число серий	Интервал, мс		
Непредохранительные				
ЭД-1-3-Т, ТУ 84-638—83	1—10	20—200 (через 20 мс)	0,92±0,02	263/81
	11—14	225—300 (через 25 мс)		
	15—18	350—500 (через 50 мс)		
	19—23	600—1000 (через 100 мс)		
ЭД-КЗ, ТУ 84-317—83 ЭД-ЗД, ТУ 84-317—83	24	100 мс 1,5 с	0,18	12/66
	25—29	2,0—10 (через 2,0 с)		
	1—6	25; 50; 75; 100		
	1—9	0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10 с		
ЭД-3-Н, ТУ 84-884—80	1—10	20—200 (через 20 мс)	0,18	264/81
	11—14	225—300 (через 25 мс)		
	15—18	350—500 (через 50 мс)		
	19—23	600—1000 (через 100 мс)		
Предохранительные				
ЭД-КЗ-П, ГОСТ 21806—76	1—5	25; 50; 75; 100; 125	0,18	203/77
ЭД-КЗ-ПМ, ГОСТ 21806—76	1—7	15; 30; 45; 60; 80; 100; 120	0,18	203/77

разно использовать в одной электровзрывной сети ЭД разных заводов, даже если они изготовлены по одной и той же документации.

Импульс плавления мостика $k_{пл}$ — наименьшее значение импульса тока (постоянного), при котором происходит плавление (перегорание) мостика ЭД.

Время срабатывания t — время от момента включения тока до момента взрыва ЭД. Для ЭД мгновенного действия время

$$\tau = t_{\text{в}} + \theta. \quad (3.1)$$

Для ЭД короткозамедленного и замедленного действия время срабатывания складывается из времени воспламенения $t_{\text{в}}$, времени передачи воспламенительного состава θ и времени горения замедляющего состава $t_{\text{з}}$, т. е.

$$\tau = t_{\text{в}} + \theta + t_{\text{з}}. \quad (3.2)$$

Время горения замедляющего состава от величины воспламеняющего тока не зависит.

Непредохранительные ЭД, свободно подвешенные по одному в металлической камере вместимостью 1 м³, безотказно (100 %) воспламеняют метановоздушную среду концентрацией 8—10 %. К непредохранительным ЭД относятся ЭД-8, ЭД-КЗ-25, ЭД-ЗД, ЭД-З-Н и др.

Предохранительные ЭД сдают при испытаниях 2—10 % воспламенения метана. Электрические параметры предохранительных и непредохранительных ЭД практически одинаковы.

Для большей надежности инициирования уплотненных предохранительных ВВ навеску бризантного ВВ внутри ЭД повышенной мощности — ЭД-КЗ-ПМ увеличивают до 1,45±0,15 г (гексоген). В качестве замедляющего состава используют пиротехническую смесь, состоящую из двух компонентов: кремния кристаллического и двуокиси свинца или сурьма свиного.

У предохранительных ЭД поверхность гильз покрыта слоем пламегасящего состава в виде тонкого слоя (0,1—0,2 мм): нитролак 13 % с добавкой 55 весовых частей сернокислого калия.

Наличие определенного процента воспламенений метановоздушной среды (обычно 2—8 %) обусловлено дефектами предохранительного слоя ЭД (трещины, сколы и др.). Кроме того, существенную роль в этом играют твердые частицы — остатки от замедляющего состава, металлических гильз и колпачков.

Установлено, что летящие мелкие частицы не воспламеняют метановоздушную среду.

Раскаленные твердые частицы, если даже они имеют температуру, недостаточную для непосредственного воспламенения метановоздушной среды, могут создавать благоприятные условия для этого, так как, пробивая фронт волны взрывных газов, они создают «карманы», в которых она нагревается быстрее.

Твердые частицы имеют также высокую пожароопасность, так как они в состоянии поджечь бумагу, вату, ветошь, сподожу рабочих и другие материалы, которые, в свою очередь, воспламеняют метановоздушную среду.

В угольных и смешанных забоях шахт, опасных по газу, категории или опасных по пыли, а также при сотрясательном взрывании на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа, разрешается использовать только предохранительные ЭД мгновенного и короткозамедленного действия. Однако в выработках, проводимых только по породе и при условии полного отсутствия в них метана в угольной пыли, взрывание можно выполнять непредохранительными ЭД, в том числе замедленного действия (ЭДЗД с временем замедления до 10 с). При этом, согласно Единым правилам безопасности, взрывание может производиться без ограничения числа приемов и пропускаемых серий замедления, а ЭД должны быть изготовлены одним заводом.

Опыт совместного присоединения ЭД-КЗ и ЭД-ЗД в выработках, проходимых по породе, показывает, что при большом времени замедления между смежными ступенями может происходить выдергивание патронов-боек из шпуров. Обычно это случается при недостаточном количестве глиняной забойки в шпуре, например при использовании гидрозабойки. Поэтому при совместном использовании ЭД-КЗ и ЭД-ЗД количество внутренней забойки в шпурах независимо от того, применяется при этом гидрозабойка или нет, должно быть не менее 0,5 м.

Испытания электродетонаторов производят после их изготовления и в конце гарантийного срока хранения в случае, если ЭД не были использованы. При поступлении ЭД на базисный склад ВМ потребитель-заказчик имеет право контролировать качество ЭД по наружному виду, электрическому сопротивлению и безотказности срабатывания в группах по 20 шт. Этот так называемый «входной контроль» потребитель-заказчик может не производить, если ящики с ЭД исправны и опломбированы.

Таблица 3.5

Электрические параметры выпускаемых электродетонаторов

Показатели	Тип электродетонаторов			
	ЭД-8-Э, ЭД-КЗ-25, ЭД-КЗ-П, ЭД-ЗД	ЭД-8-Ж, ЭД-КЗ-ОП, ЭД-КЗ, ЭД-КЗ-ПМ	ЭД-З-Н	ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т
Сопротивление, Ом	2,0—4,2	1,8—3,0	2,0—4,2	0,5—0,9
Импульс воспламенения, А ² ·мс	0,6—2,0	0,6—2,0	0,6—2,0	40—80
Безопасный ток, А	0,18	0,18	0,18	0,92±0,02
Стойкость к разряду статического электричества, кВ	3	3	3	10

Средства электрического инициирования, применяемые при импульсной обработке металлов и других материалов взрывом

ЭД, ТУ	Безопасный ток, А (напря-жение)	Защищенность	Безопас- ный ток, А (напря-жение)	Исчер. журналь- ного положе- ния	Вид обработки взрывом
ЭД-22, ТУ 84-601-095—84	1,0	От зарядов статического электричества до 10 кВ	5	332/85	Сварка
ЭД-23-01, ТУ 84-897—81	1,0	То же	5	Письмо Гос- торгнадзора от СССР 02.10.81 № 05-27/351	»
ЭД-23-02, ТУ 84-897—81	1,0	»	5	332/85	»
ЭД-27, ТУ 84-110—83	1,0	»	5	332/85	Запрессовка, разваль- новка
ЭД-29, ТУ 84-601-095—84	1,0	»	5	332/85	Штамповка, сварка, резка и др.
ЭДВ, ТУ 84-305—85	(10 кВ при давлении кабе- ля не менее 20 м)	»	(15 кВ)	109/73	
ЭД-24, ТУ 84-1078—86	—	От 500 В постоянного тока; от 380 В переменного тока частотой 50 Гц; от буждающих токов; от зарядов статического электричества; от блы- вках и переносных источ- ников тока	—	330/85	Штамповка, сварка, резка и др.

Электрические параметры наиболее распространенных типов ЭД приведены в табл. 3.5.

Электродетонаторы ЭД-1-3-Т, кроме большого числа ступеней замедления (23 шт.) и временных характеристик, аналогичных ЭД-3-Н, отличаются от всех ЭД более высокими защитными свойствами от посторонних токов: грозовые разряды или токи наводки, буждающие токи, заряды статического электричества, энергия радиоволны и др. Предназначаются они в основном для использования на открытых и подземных работах, где существует высокая опасность преждевременных взрывов обычных ЭД.

В табл. 3.6 приведены данные по электродетонаторам пониженной чувствительности к буждающим токам и зарядам статического электричества, применяемые при импульсной обработке металлов и других материалов взрывом зарядов ВВ.

3.2.2. Провода для электровзрывания

Провода для электровзрывания в зависимости от назначения подразделяют на выводные, соединительные и магистральные. Выводные (концевые) провода — неотъемлемая часть электровоспламенителей ЭД, соединительные провода выполняют вспомогательную роль при монтаже взрывной сети. Магистральные провода используют для монтажа взрывной сети от ЭД до укрытия взрывника. Они отличаются большим диаметром жил, меньшим электрическим сопротивлением и большей механической прочностью.

В настоящее время наибольшее распространение получили провода ВП-0,5 с диаметром медной жилы $0,5 \pm 0,05$ мм, толщиной полиэтиленовой оболочки 0,3 мм и площадью сечения $0,196 \text{ мм}^2$. Сопротивление 1 м такого провода при температуре 20°C составляет 0,09 Ом. Соединительные провода могут быть того же типа, что и концевые. Однако при больших расстояниях (более 10 м) между шпуром или скважиной рекомендуется использовать медные изолированные провода с большим диаметром жил. Магистральные провода, согласно ГОСТ 6285—74, могут быть двух типов: ВП-0,8 и ВП-0,7×2. Последние изготавливают в виде жил с шагом навивки два оборота на метр длины. Длина магистрального провода должна быть не менее 100 м в лавах. При сотрясательном взрывании на выбросоопасных пластах расстояние от места взрыва до места укрытия взрывника, согласно требованиям Единых правил безопасности, должно быть 600 м и более по свежей струе. В этом случае в качестве магистрального провода рекомендуется использовать специальные постоянные кабели. При этом кабель в целях сохранности не следует подводить к забой ближе 75 м. На этом участке взрывник должен прокладывать обычный магистральный провод.

3.2.3. Взрывные приборы

Взрывные приборы — источники тока для электровзрывания. Приборы взрывания подразделяются на автономные и сетевые. В СССР наиболее широко применяются автономные конденсаторные взрывные приборы, в том числе во взрывобезопасном исполнении, предназначенные для применения в шахтах, опасных по газу или угольной пыли.

Принцип действия автономных конденсаторных взрывных приборов состоит в том, что он за короткий промежуток времени (до 4 мс) выдает в сеть необходимый для взрывания ЭД импульс тока, накопленный на конденсаторе-накопителе. Последнее происходит за 10—20 с и контролируется взрывником во мигании специального индикатора (неоновой лампочки).

Сетевые взрывные приборы получили меньшее распространение и применяются в шахтах, не опасных по газу или пыли. С их помощью взрывная сеть подключается непосредственно к силовой или осветительной сети или к жазам передвижной электростанции. Преимущество использования сетевых взрывных приборов состоит в неограниченной мощности питающих сетей.

Сетевые приборы для шахт, опасных по газу или угольной пыли, дополнительно снабжают тиристорным коммутатором постоянного тока, обеспечивающим отключение взрывной сети через 2—3 мс с момента включения.

Схематическое представление о всех значениях воспламеняющего тока во взрывной сети показано на рис. 3.11.

Для опасных условий угольных шахт отечественной промышленностью выпускаются батарейные конденсаторные взрывные приборы двух типов: КВП-1/100М и ПИВ-100М. Они выполнены во взрывобезопасном исполнении и снабжены механической блокировкой, обеспечивающей отключение тока во взрывной цепи до начала деформации пород взрывом. Приборы одновременно могут взорвать до 100 последовательно соединенных ЭД.

Взрывной прибор ПИВ-100М снабжен источником питания из трех элементов типа «Сатурн» (рис. 3.12). Электрическая схема прибора состоит из зарядного устройства ЗУ, релаксационного светогасительного устройства ССВ, конденсатора-накопителя C_n , миллисекундного замыкателя с тремя парами контактов: $a-a$, $b-b$, $v-v$ и выходных клемм $Ka1$ и $Ka2$. Масса прибора около 2 кг.

После того как взрывной ключ вставлен в гнездо корпуса прибора и повернут в положение «заряд», разрядный резистор R_p отключается (контакты $v-v$ размыкаются) от конденсатора-накопителя C_n . Затем гальваническая батарея B путем замыкания контактов $a-a$ включается на релаксационный генератор зарядного устройства.

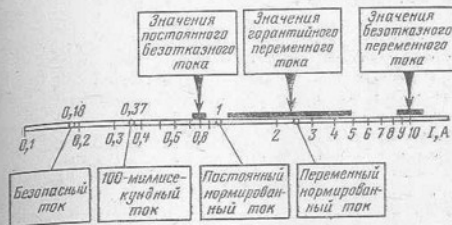


Рис. 3.11. Соотношения между различными значениями воспламеняющего тока

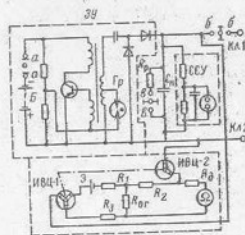


Рис. 3.12. Электрическая схема взрывного прибора ПИВ-100М

ройства ЗУ и производит зарядание конденсатора-накопителя. Через 8—10 с напряжение достигает 590—600 В, в результате чего срабатывает разрядник G_p , который прекращает зарядание конденсатора-накопителя C_n . Одновременно начинает мигать неоновая лампочка светосигнального устройства, указывая на готовность прибора к работе.

Для взрывания ЭД поворачивают взрывной ключ из положения «заряд» в положение «взрыв». При этом под действием миллисекундного замыкателя контакты $a-a$ размыкаются, а контакты $b-b$ замыкаются на 2—4 мс, включая C_n на это время во взрывную сеть (см. рис. 3.12). Затем замыкаются контакты $v-v$. При этом к C_n подключается сопротивление R_p для снятия с него остаточного заряда.

Техническая характеристика взрывного прибора КВП-1/100М

Напряжение, стабилизируемое на конденсаторе-накопителе, В	600—650
Емкость конденсатора-накопителя, мкФ	10

Время заряджания конденсатора-накопителя, с, не более	8
Максимальное сопротивление последовательной взрывной сети ЭД с никромовым мостиком, Ом	320
Минимальное напряжение устойчивого зажигания неоновой лампочки ССУ, В	590—620
Время подачи импульса, мс	2—4
Основные размеры, мм	152×122×100

Продолжение

Взрывной прибор ПИВ-100М имеет омметр для измерения сопротивления взрывной сети, а также механическую блокировку, которая при вставленном взрывном ключе делает невозможным подсоединение измерительной схемы прибора к выходным клеммам К1 и К2 (см. рис. 3.12).

Омметр прибора ПИВ-100М состоит из источника тока Э, стрелочного индикатора (магнитоэлектрического миллиамперметра, градуированного на омы), пяти резисторов и пакетного переключателя ИВЦ, состоящего из секций ИВЦ-1 и ИВЦ-2, управляемых одним рычагом, находящимся на передней стенке прибора ПИВ-100М.

При проверке электрического сопротивления взрывную сеть подключают к клеммам К1 и К2, затем поворачивают рычаг переключателя по часовой стрелке до упора и по шкале ИВЦ отсчитывают величину сопротивления. При отпускании рычага он снова возвращается в исходное положение, а цепи ИВЦ-1 и ИВЦ-2 замыкаются и отключают взрывную сеть от измерительной схемы прибора. В окно шкалы ИВЦ вмонтирована увеличительная линза для облегчения отсчета.

В комплект взрывного прибора ПИВ-100М входит эталонный резистор сопротивлением 200 Ом, который для проверки исправности омметра подключается к выходным клеммам К1 и К2.

Отдельный источник тока РП-75 (ОР-3) или РП-85 (ОР-4) обеспечивает надежное питание измерительной схемы в течение двух лет. Ток в измерительной сети не превышает 50 мА. Измерение сопротивления взрывной сети должно выполняться из укрытия, находящегося на безопасном расстоянии.

Взрывной прибор имеет одну измерительную шкалу от 0 до 400 Ом при цене каждого деления 20 Ом, поэтому он не предназначен для проверки электрического сопротивления отдельных ЭД.

Прибор КВП-1/100М аналогичен по электрической схеме прибору ПИВ-100М, но не имеет системы измерения сопротивлений цепи. Наиболее часто встречающиеся неисправности при эксплуатации серийно выпускаемых взрывных приборов КВП-1/100М и ПИВ-100М приведены в табл. 3.7.

По данным исследований МакНИИ, в приборах ПИВ-100М ча-

Таблица 3.7

Неисправности приборов ПИВ-100М и КВП-1/100 М, их причины и способы исправления

Неисправность	Причины неисправности	Рекомендуемые способы устранения
Не горит лампочка, нет звука работающего преобразователя напряжения	Разрядился источник питания. Вышел из строя ферритовый сердечник трансформатора Пробит триод Нет плотных контактов у переключателя а положении взрывного ключа «Заряд» Обрыв проводов в сети прибора	Заменить батареи и сердечник Заменить триод Зачистить контакты в крышке переключателя Проверить проводимость прибора омметром Заменить лампочку То же
При работающем преобразователе не мигает неоновая лампочка	Нарушен вакуум неоновой лампочки Повысился потенциал зажигания неоновой лампочки	Заменить конденсатор-накопитель Пробиты диоды в схеме удвоения напряжения
При работающем преобразователе после трех — пяти всплесков неоновой лампочки ее дальнейшее горение прекращается	Имеется остаточное напряжение на конденсаторе-накопителе	Заменить резистор

ше всего выходят из строя элементы измерительного блока. Так из 160 проверенных приборов в 150 (89,2%) не работал узел измерительного блока вследствие неисправности сопротивлений и указателя М-267. Часто выходят из строя транзисторы П-201.

В обоих взрывных приборах релаксатор на неоновой лампочке в работе нестабилен. Часто происходят случаи преждевременного или запоздалого зажигания неоновой лампочки.

Имеется место также пониженное напряжение 400—500 В на конденсаторе-накопителе, брак трансформаторов (обугливание лотковой обмотки, обрыв выходных концов и деформация сердечников), пробой конденсаторов-накопителей, потеря их емкости и т. д. Большинство из этих недостатков можно устранить только при специальном ремонте взрывных приборов, поэтому взрывные приборы должны регулярно подвергаться проверке,

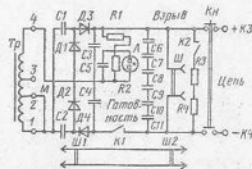


Рис. 3.13. Принципиальная электрическая схема конденсаторной взрывной машинки ВМК-500

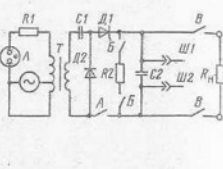


Рис. 3.14. Электрическая схема взрывной машинки КПМ-3

На открытых работах и в неглубоких шахтах наиболее удобны для использования конденсаторные взрывные машинки ВМК-500 с миниатюрными генераторами (индукторные).

Взрывные машинки ВМК-500 рассчитаны в среднем на 2000 взрываний.

Машинка ВМК-500 относится к наиболее мощным из выпускаемых машинок. Принципиальная электрическая схема конденсаторной взрывной машинки показана на рис. 3.13.

Напряжение, развиваемое индуктором M при вращении приводной ручки, повышается автотрансформатором Tr и схемой умножения напряжения, состоящей из четырех селеновых выпрямителей $D1-D4$ и четырех конденсаторов $C1-C4$. Выпрямленный ток повышенного напряжения заряжает блок конденсаторов-накопителей. Контакт $K1$ автоматически замыкается с началом вращения приводной ручки и удерживается в этом положении при частоте вращения не менее $0,066 \text{ с}^{-1}$.

Когда напряжение на блоке конденсаторов-накопителей достигает номинального значения (3000 В), начинает светиться индикаторная лампа L . С прекращением вращения ручки лампа гаснет, контакт $K1$ размыкается и отключает блок конденсаторов-накопителей от зарядной цепи, чем исключается возможность разряда его через схему выпрямителя. При нажатии кнопки K_n «Взрыв» ее контакты подключают блок конденсаторов-накопителей к линейным зажимам $K3$, $K4$ и электрический заряд поступает в электровзрывную сеть. При снятии приводной ручки контакт $K2$ блокирующего устройства замыкается на последовательно соединенные разрядные сопротивления $R3$ и $R4$ и блок конденсаторов-накопителей при этом полностью разряжается.

При взрывании большого числа ЭД две машинки ВМК-500 подключают параллельно с помощью кабелей. Для отключения разрядных сопротивлений приводные рукоятки вставляют в гнезда обеих машинок. Конденсаторы-накопители заряжаются от вращения ручки

Таблица 3.8

Число одновременно взрываемых ЭД взрывной конденсаторной машинкой ВМК-500

Соединение	Общее сопротивление цепи, Ом	Сопротивление одной ветви, Ом	Число ЭД во взрывной сети
------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------

От одной машинки

Последовательное	2100	2100	809
Последовательно-параллельное из двух ветвей	850	1300	1000

От двух машинок, соединенных параллельно

Последовательное	2700	2700	1000
Последовательно-параллельное из двух ветвей	1100	2200	1700
Последовательно-параллельное из трех ветвей	545	1600	1900

любого прибора, а подача тока во взрывную сеть производится кнопкой той машинки, к клеммам которой она подключена.

Для проверки исправности каждой машинки при испытаниях к зажимам машинки подсоединяется пульт-пробник. При нормальной работе машинки неоновая лампа пульта-пробника вспыхивает в момент нажатия кнопки «Взрыв». Число одновременно взрываемых электродетонаторов машинкой ВМК-500 приведено в табл. 3.8.

Взрывная машинка КПМ-3 является усовершенствованным вариантом ранее выпускавшихся машинок КПМ-1 и КПМ-2. Ее электрическая схема показана на рис. 3.14.

Работа машинки происходит следующим образом. Если рукоятка индуктора не вставлена в гнездо и кнопка «Взрыв» не нажата, то выключатель A разомкнут, а выключатель B замкнут. При этом конденсатор-накопитель $C2$ шунтирован резистором $R2$. Когда рукоятка индуктора вставляется в гнездо корпуса машинки, автоматически размыкается выключатель B и разрядный резистор $R2$ отключается от конденсатора-накопителя. С началом вращения рукоятки индуктора (с частотой вращения не менее $0,07 \text{ с}^{-1}$) автоматически замыкается выключатель A , зарядное устройство схемы подключается к конденсатору-накопителю и начинается его зарядка.

Через несколько секунд после начала вращения индуктора загорается неоновая лампочка L , сигнализируя о готовности машинки к взрыву. После этого нажимается кнопка «Взрыв», контакты B за-

мыкаются и присоединяют конденсатор-накопитель к взрывной сети.

Машинка КПМ-3 имеет два дополнительных вывода от конденсатора *C2* (в виде штепсельных разъемов *Ш1* и *Ш2*). Это дает возможность параллельно соединять конденсаторы-накопители двух машинок и одновременно взрывать вдвое большее число электродетонаторов.

Вторую машинку можно заменить конденсаторной приставкой (емкостью 2 мкФ и рабочим напряжением 1500 В), присоединяемой к дополнительным выводам первой машинки.

Для контроля исправности машинки используется пульт-пробник, представляющий собой сопротивление 100 Ом, смонтированный в пластмассовом корпусе. Пульт-пробник имеет два вывода, которыми его присоединяют к зажимам взрывной машинки, и два зажима для подключения к нему двух параллельно соединенных электродетонаторов, взрыванием которых проверяют машинку. При проверке сопротивление пульта-пробника включается последовательно с взрывающимися электродетонаторами.

На открытых горных работах, при проходке стволов для взрывания от осветительных сетей применяют стационарные минные станции, представляющие собой запираемый на замок шкафчик (рис. 3.15).

Переносная минная станция типа ПМС-220 предназначена для подачи тока во взрывную сеть от электрических сетей напряжением 200—220 В на карьерах и в шахтах, не опасных по газу или пыли. Электрическая схема этой станции показана на рис. 3.16. Сетевыми зажимами *C31*—*C32* переносную минную станцию подключают к сети переменного тока, а к линейным зажимам *Л31*—*Л32* присоединяют электровзрывную сеть. Напряжение, пониженное трансформатором

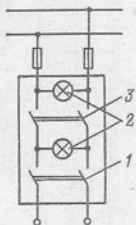


Рис. 3.15. Схема стационарной минной станции:

1 — боевой выключатель; 2 — контрольные лампы; 3 — контрольный выключатель

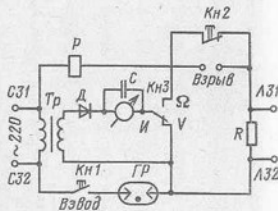


Рис. 3.16. Электрическая схема станции ПМС-220

Тр до 0,5 В, выпрямляется диодом *Д* и поступает на прибор *И* (если кнопка *Кн3* находится в положении *У*). Конденсатор *С* сглаживает пульсации выпрямленного тока, проходящего через прибор. Шкала измерительного прибора (микроамперметра) имеет градуировку в вольтах и омах. В положении кнопки *Кн3* прибор работает как вольтметр, измеряя напряжение сети переменного тока, а в положении *У* — как омметр, измеряя сопротивление взрывной сети.

Для включения тока в фиксированной точке синусоиды вблизи ее максимума в схеме используется газовый разрядник *ГР* с потенциалом зажигания около 200 В.

Схема прибора ПМС-220 работает следующим образом. При включении прибора в сеть переменного тока напряжение 220 В поступает на первичную обмотку трансформатора *Тр* и к разомкнутым контактам кнопок *Кн1* и *Кн2*. При нажатой кнопке *Кн3* контакты замкнуты в положении *У*.

Если напряжение сети отличается по величине от расчетного значения не более чем на 10 %, то производят дальнейшие операции по выполнению взрыва. К линейным зажимам *Л31*—*Л32* подключают провода взрывной сети и нажатием кнопки *Кн3* в положении *Ω* измеряют ее сопротивление. Если величина сопротивления соответствует расчетной ($\pm 10\%$), то производят взрыв. Для этого нажимают кнопку *Кн1* «Взвод», причем контакты *Кн1* замыкаются и удерживаются в замкнутом состоянии с помощью куркового соединения, управляемого токовым реле *Р*. При нажатии кнопки *Кн2* «Взрыв» ее нижние (по схеме) контакты замыкаются и напряжение сети через взрывную цепь оказывается приложенным к газовому разряднику *ГР*.

В этот момент, когда мгновенное значение напряжения достигает потенциала зажигания разрядника (200 В), последний включает ток во взрывную сеть. При прохождении тока по обмотке реле *Р* оно срабатывает и освобождает кнопку *Кн1*. Контакты *Кн1* размыкаются и отключают сеть переменного тока. Сопротивление *Р* выбрано с таким расчетом, что при разомкнутой взрывной цепи сила тока, проходящего через обмотку реле, будет достаточна для его срабатывания.

Основные технические данные станции ПМС-220: максимально допустимое сопротивление одной группы последовательно соединенных электродетонаторов 210 Ом; допустимое число последовательно соединенных электродетонаторов в группе — 70 шт.; число параллельных групп электродетонаторов — 80; число одновременно взрывающихся электродетонаторов — 5600 шт. Срок службы при правильной эксплуатации и отсутствии внешних механических повреждений — 20 000 взрывов. Основные размеры станции 183×90×63 мм. Масса станции 1,6 кг.

Таблица 3.9

Техническая характеристика взрывных приборов

Наименование и тип взрывного прибора	Исполнение	Напряжение на конденсаторе, В	Основные размеры, мм	Масса, кг
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М	РВ	600—650	152×122× ×100	2
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М	РВ	610—670	195×126× ×95	2,7
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3	Нормальное	1600	172×86× ×120	2,3 (с футляром)
Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500	»	3000	280×165× ×165	11 (с футляром)

Технические характеристики наиболее распространенных конденсаторных взрывных приборов и машинок, выпускаемых в СССР, приведены в табл. 3.9.

3.2.4. Контрольно-измерительные приборы

Опыт показывает, что более 50 % дефектов ЭД можно отсортировать при измерении их электрического сопротивления. Поэтому

Максимальное сопротивление взрывной цепи при последовательном соединении электродетонаторов, Ом	Число одновременно взрывающихся последовательно соединенных электродетонаторов	Область применения	Изготовитель
320	100	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности	Харьковское ПО «Точприбор»
320	100	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности	Омское ПО «Электроточприбор»
600	200	Открытые работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности	Харьковское ПО «Точприбор»
2100	800	Открытые работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности	Омское ПО «Электроточприбор»

Едиными правилами безопасности предусмотрена обязательная проверка качества ЭД по электрическому сопротивлению на расходных складах ВМ и по наружному виду. Для измерения сопротивлений ЭД используют серийно выпускаемые омметры Р-3043. Для проверки взрывных линий применяют также приборы ИМС-1 и ВИС-1.

На расходных складах ВМ в шахтах, опасных по газу или пыли, для измерения сопротивлений ЭД применяют омметр-классификатор ОКЭД-1 (рис. 3.17). Прибор на лицевой панели имеет стрелку

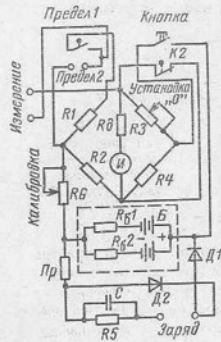


Рис. 3.17. Омметр-классификатор ОКЭД-1:

R_1 ; R_2 ; R_4 ; R_5 — резисторы УЛИ-0.25; R_3 — сопротивление; $И$ — индикатор; R_6 , R_7 , R_8 — резисторы МЛТ-0.125; $Пр$ — предохранитель; $Д_1$, $Д_2$ — диоды Д-211; $С$ — конденсатор МБМ-250-0.5; $Б$ — аккумулятор; R_9 и R_{10} — потенциометр ППЗ-40

равные 1 Ом при работе на пределе 1, и 3 Ом при работе на пределе 2. Затем, нажав кнопку К2, при помощи потенциометра R_6 совмещают стрелку индикатора с красной калибровочной отметкой. После этого прибор готов к работе.

Для проверки сопротивления ЭД необходимо: установить стрелку индикатора корректора на нуль; установить предел измерения. При сопротивлении ЭД до 3 Ом переключатель необходимо повернуть в сторону цифры 1, а при сопротивлении более 3 Ом — в сторону цифры 2; подсоединить концевые провода ЭД к клеммам прибора; нажать кнопку К2 «Измерение» и отсчитать по шкале индикатора напряжение и величину сопротивления ЭД. При сопротивлении 0,7—2,0 Ом отсчет рекомендуется брать по верхней шкале, при 2—4,2 Ом — по средней шкале и при сопротивлении ЭД более 4,2 Ом — по нижней шкале.

Прибор ОКЭД-1 заряжают от сети переменного тока 220 В. Заряджание аккумулятора в шахте категорически запрещается. Прибор периодически проверяют на максимальный ток и точность измерения.

Техническая характеристика омметра-классификатора ОКЭД-1

Индикатор прибора на ток, мА	100
Продолжительность цикла измерения, с	15
Погрешность измерения, %	$\pm 2,5$
Сила тока, проходящего через измеряемое сопротивление, мА, не более	25
Максимальный ток короткого замыкания на клеммах прибора, мА	50
Исполнение прибора	Рудничное искробезопасное
Рабочее положение	Горизонтальное или под углом 45°
Основные размеры прибора, мм	227×146×100
Масса прибора, кг	2,0

Измерительный мост Р-353 используют при отсутствии прибора ОКЭД-1 в негазовых шахтах для измерения электрического сопротивления ЭД и взрывных сетей. Он имеет два предела измерения: от 0,2 до 50 Ом и от 20 до 5000 Ом. Погрешность моста в рабочей зоне шкалы не превышает 5 % величины измеряемого сопротивления. Масса моста Р-353 1,3 кг. Источник тока — сухой гальванический элемент МЦ-4К.

Перед измерением сопротивления открывают крышку моста Р-353 и поворотом рукоятки ползуна освобождают стрелку гальванометра. Если стрелка не становится на нуль, то поворотом головки корректора стрелку гальванометра выводят на нулевое деление шкалы. Затем к зажимам подсоединяют концевые провода ЭД или провода взрывной сети. Если сопротивление объекта измерения меньше 30 Ом, то устанавливают перемычку.

В момент измерения при нажатой кнопке медленно поворачивают рукоятку шкал ползуна, пока стрелка гальванометра не придет на нулевую отметку. Величину сопротивления отсчитывают по внешней шкале лимба против нулевой отметки гальванометра. При сопротивлении взрывной сети свыше 30 Ом перемычку снимают и уравновешивают мост. Величину сопротивления отсчитывают по внутренней шкале.

Мост переносной постоянной тока Р-3043 предназначен для измерения сопротивления одиночных ЭД и электровзрывных сетей [10]. Прибор имеет рудничное искробезопасное исполнение, двухдиапазонный с индикатором на светозвучающих диодах. Прибор Р-3043 на выходе измерительного моста имеет электронный усилитель V_1 , через который получают питание светозвучающие диоды $Н1$ и $Н2$ (рис. 3.18). Последние размещены в остриях двух стрелок Указателя баланса моста. Если мост уравновешен, то не горят оба светодиода. При отсутствии баланса горит светодиод в той стрелке, которая показывает, в каком направлении следует вращать рукоятку ползуна реохорда $П$, чтобы уравновесить мост.

Таблица 3.10

Приборы контроля и измерения сопротивления ЭД и взрывной цепи

Наименование и тип взрывного прибора	Исполнение	Источник питания	Основные размеры, мм	Амплитудное значение тока в проверяемой цепи		
				Масса, кг	в нормальном режиме работы прибора, мА, не более	при любых токах, мА, не более
Мост переносной постоянной тока Р-3043	РО, И	Два элемента 373	180 × 160 × 62	1,6	7	50
Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1	РО, И	Четыре аккумулятора Д-0,1	135 × 65 × 40	0,3	5	50
Метанометр с измерителем взрывной цепи типа ИМС-1	РО, И, С	Три аккумулятора Д-0,55	200 × 105 × 90	1,5	10	50
Индикатор фотоэлектрический Ю 140		Селеновый фотоэлемент	90 × 60 × 30	0,2	0,3	0,3

Предел измерения, Ом	Погрешность, %	Область применения	Изготовитель
0,3—30 30—3000	±5	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Измерение сопротивления электродетонаторов (при их проверке перед выдачей в работу) и взрывных цепей	ПО «Краснодарский ЗИП»
320 (предельное сопротивление)	±5	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Контроль допустимого сопротивления взрывной цепи и проверка отдельных ее элементов путем сравнения контролируемого сопротивления с предельным 320 Ом	Харьковское ПО «Точприбор»
0—20 0—400	±5	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Измерение сопротивления взрывной цепи и электродетонаторов. Контроль содержания газа метана в рудничной атмосфере	Омское ПО «Электроточприбор»
0—10 000	—	Для проверки электровзрывных цепей, проводов и электродетонаторов в непосредственной близости от зарядов ВВ	Ленинградское ПО «Вибратор»

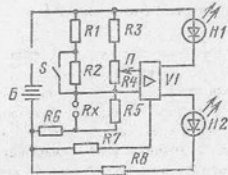


Рис. 3.18. Переносной мост постоянного тока Р-3043

Диапазоны измерений прибора Р-3043: первый — 0,2—50 Ом и второй — 20—5000 Ом; погрешность измерений $\pm 5\%$ в рабочей части шкалы 0,3—30 и 30—3000 Ом. Измерительный ток — не более 50 мА при внутреннем сопротивлении не более 0,5 Ом.

Взрывной испытатель светодиодный ВИС-1 предназначен для проверки целостности взрывной сети или отдельных ее элементов, в том числе электродетонаторов. ВИС-1 серийно выпускается вместо пьезоэлектрического взрывного испытателя ВИО-3, снятого с производства из-за опасности преждевременных срабатываний ЭД с дефектами по сопротивлению (завышенное сопротивление, «блуждающее» сопротивление и др.). Прибор ВИС-1 может использоваться как из укрытия, так и непосредственно в забое при проведении БВР в шахтах, опасных по газу или пыли. Прибор снабжен индикатором-светодиодом, который светится, если сопротивление цепи не превышает 320 Ом. Погрешность измерения составляет $\pm 5\%$.

Разработаны для удобства взрывников комбинированные измерительные приборы ИМС-1, позволяющие определить не только сопротивление взрывной цепи, но и содержание метана в призабойном пространстве, что повышает уровень безопасности ведения взрывных работ.

Оригинальный измерительный индикатор выпущен заводом «Вибратор», в котором источником тока служит селеновый фотоэлемент, а максимально возможный ток в сети не превышает 0,3 мА. Благодаря этому им можно проводить измерения, находясь в непосредственной близости от зарядов ВВ или ЭД. Диапазон освещенности, в котором работает прибор, от 50 до 10^5 лк. Принципиальная схема прибора показана на рис. 3.19.

Основные данные по приборам контроля и измерения сопротивления ЭД и взрывных сетей приведены в табл. 3.10.

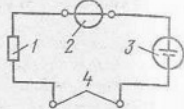


Рис. 3.19. Электрическая схема индикатора ВИС-1:
1 — резистор МЛТ-0,125—8,2 кОм;
2 — измерительный механизм; 3 — фотоэлемент Ф45С; 4 — замыкатель для электровзрывной цепи

3.2.5. Технология электрического инициирования ВВ

Технология электрического инициирования ВВ включает выполнение следующих операций: изготовление патронов-боевиков, заряджание и забойку зарядов в шпурах или скважинах, выставление постов охраны или запрещающих знаков, подачу звуковых сигналов (предупредительный, боевой, отбой), монтаж взрывной сети и проверку ее исправности, подсоединение источника тока к взрывной сети и взрыв, проветривание забоя и осмотр взорванной горной массы, ликвидацию отказов при электровзрывании на складе ВМ проверяют электродетонаторы по сопротивлению или в случае необходимости подбирают ЭД по заданной величине сопротивления.

Изготовление патронов-боевиков при электрическом инициировании может производиться различными способами: патрон ВВ с торца открывают (разворачивают бумажную оболочку), слегка разминают ВВ, делают углубление и вставляют в него электродетонатор, сжимают бумажную оболочку выше торца патрона и перекалывают шпатель; патрон ВВ с торца прокладывают специальной медной наколкой диаметром 9—10 мм, вставляют электродетонатор в образовавшееся гнездо, делают из концевых проводов ЭД петлю вокруг патрона ВВ и затягивают ее. При обратном инициировании зарядов петлю, как правило, не делают. В шахтах, опасных по газу или пыли, при электровзрывании петлю на патронах-боевиках изготавливают только из одной жилы концевых проводов.

Патрон-боевик вводят в шпур или скважину осторожно, без резких толчков и уплотнения первым или последним. Соответственно способ инициирования называют обратным или прямым. Любые комбинированные способы инициирования зарядов ВВ в шпурах и скважинах не рекомендуются, а в шахтах, опасных по газу или угольной пыли, запрещены, так как из-за этого могут произойти перуплотнение ВВ в патронах, их выгорание или отказы. Последнее является основной причиной травматизма при забуривании шпуров.

Забойку шпуров и скважин осуществляют при прямом инициировании зарядов сразу вслед за введением патрона-боевика, а при обратном инициировании зарядов — после окончания заряджания всех патронов ВВ. Первые порции забойного материала вводят в шпур без уплотнения.

При заряджании скважин рессмными ВВ в нее обычно опускают два патрона-боевика (в нижнюю и среднюю часть заряда). Запрещается опускание боевиков на концевых проводах электродетонаторов.

Все соединения концевых и монтажных соединений проводов выполняют путем скручивания. Предварительно медные жилы прово-

дов тщательно очищают. После соединения проводов места сровок изолируют изоляционной лентой или специальными зажимами-контактами. Монтаж взрывной сети начинают только после полного окончания зарядки зарядов и забойки всех шпуров или скважин. Монтаж производят всегда от зарядов к источнику тока.

В шахтах, опасных по газу или пыли, электродетонаторы соединяют последовательно. Допускается в отдельных сложных условиях последовательно-параллельное соединение, когда ЭД в группах соединяют последовательно, а группы между собой — параллельно. Например, такой способ соединения ЭД рекомендуется в породных обводненных забоях для снижения количества отказов. Величина сопротивления участков взрывной сети, состоящих из последовательно соединенных ЭД, уменьшается в 2—3 раза. Это приводит к уменьшению токов утечки, а также к увеличению взрывного тока по ЭД и более равномерному его распределению по различным участкам взрывной сети. Последовательно-параллельное соединение ЭД и участков взрывной сети рекомендуется также применять в выработках большого сечения, где количество шпуров превышает 40 шт.

Общее сопротивление взрывной сети не должно превышать предельные нормы, установленные для каждого взрывного прибора.

В шахтах, не опасных по газу и пыли, а также на открытых работах допускается параллельное соединение электродетонаторов. При этом сопротивление взрывной сети подсчитывают заранее. Перед взрыванием оно измеряется из места укрытия взрывника при помощи контрольно-измерительных приборов. Величина измеренного сопротивления не должна отклоняться от расчетного более чем на 10 %. В случае расхождения измеренного и расчетного сопротивления сети более чем на 10 % необходимо снова закоротить концы проводов и устранить неисправности, вызывающие отклонения от расчетного сопротивления электровзрывной сети (плохо зачищенные концы проводов, слабые сровки, нарушение изоляции и т. п.).

Ключи от взрывных машинок и ящиков с рубильниками на все время подготовительных работ и до времени взрыва должны находиться у руководителя взрывных работ или взрывника. На время начала монтажа взрывной сети все электрические установки, находящиеся в пределах опасной зоны, должны быть обесточены.

Если взрыва при включении источника тока не произошло, то магистральные провода отключают, закорачивают их и через 10 мин взрывник идет к зарядам и осматривает забой, устраняя неисправности сети. После взрыва взрывник осматривает забой и при обнаружении отказов ликвидирует их.

На открытых работах применяют следующие схемы соединения электродетонаторов во взрывной сети: последовательная (рис. 3.20, а), параллельная, где, в свою очередь, различают пучковую

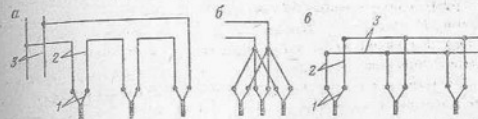


Рис. 3.20. Схемы соединения электродетонаторов: а — последовательная; б — параллельно-пучковая; в — параллельно-ступенчатая; 1 — выходные провода ЭД; 2 — соединительные провода; 3 — магистральные провода

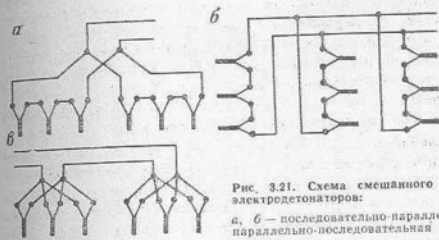


Рис. 3.21. Схема смешанного соединения электродетонаторов:

а, б — последовательно-параллельная; в — параллельно-последовательная

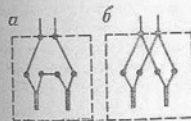


Рис. 3.22. Схема соединения двух электродетонаторов в одном патроне-боевике: а — парно-последовательное, б — парно-параллельное

схему (рис. 3.20, б), когда все концевые провода ЭД подсоединяют в двух точках, и ступенчатую (рис. 3.20, в), когда концевые провода подсоединяют к разным точкам участков проводов; смешанные: последовательно-параллельная (рис. 3.21, а, б) и параллельно-последовательная (рис. 3.21, в). В первых электродетонаторы в группах соединены последовательно, а группы — параллельно, а во вторых соединение ЭД в группах параллельное, а группы соединены последовательно.

В крупные заряды (боевики) вводят по два электродетонатора, соединяемые последовательно или параллельно (рис. 3.22). Опыт показывает, что парно-параллельное соединение двух ЭД в патроне-боевике более надежно.

Достоинства последовательного соединения: через все электродетонаторы проходит равный ток, требуются источник тока

минимальной мощности, меньшая длина проводов, простота и наглядность схемы соединения, простота расчета и проверки исправности цепи.

Недостаток этого соединения — возможность получения группового отказа при попадании в сеть дефектного электродетонатора.

Достоинства параллельного соединения: при обрыве проводов электродетонатора отказ возможен только в одном заряде, а если в боевике имеются два электродетонатора, то отказа не будет; попадание недоброкачественного электродетонатора не ведет к отказу сети.

Вместе с тем эта схема имеет следующие недостатки: требуется значительно более мощный источник тока; практически невозможно определить с помощью приборов исправность сети; для монтажа требуется больше проводов, монтаж и особенно расчет ступенчатых схем значительно сложнее. Поэтому параллельное соединение, как правило, не рекомендуется для применения.

Последовательно-параллельное соединение применяется, когда надо взорвать большое число электродетонаторов от источника тока с недостаточным для последовательного соединения напряжением. Параллельно-последовательное соединение менее удобно и надежно и редко применяется на практике.

Последовательное соединение электродетонаторов наиболее удобно и надежно и должно применяться во всех случаях, когда можно обеспечить получение гарантийной величины тока для включенных в сеть электродетонаторов.

При применении электрических взрывных приборов определяют сопротивление взрывной сети и сравнивают полученный результат с предельным значением сопротивления сети, приводимого в паспорте на прибор.

По полученным данным на основе приближенных формул определяют условия безотказности взрыва:

для простых последовательных сетей

$$R_{\text{пос}} = R_{\text{д}}; \quad (3.3)$$

для последовательных сетей с парно-параллельным включением электродетонаторов

$$R_{\text{пар}} = \frac{1}{4} R_{\text{д}}; \quad (3.4)$$

для параллельно-пучковых сетей

$$R_{\text{п.пучк}} = \frac{1}{n^2} R_{\text{д}}; \quad (3.5)$$

для смешанных пучковых простых сетей и с парно-последова-

тельным включением электродетонаторов

$$R_{\text{с.пучк}} = \frac{1}{n^2} R_{\text{д}}; \quad (3.6)$$

для смешанных пучковых сетей с парно-параллельным включением электродетонаторов.

$$R_{\text{с.пучк.п}} = \frac{1}{4n^2} R_{\text{д}}, \quad (3.7)$$

где $R_{\text{д}}$ — предельно допустимое сопротивление, указанное в паспорте машинки для последовательных сетей; n — число параллельных ветвей.

При использовании силовых и осветительных сетей определяют сопротивление сети, а затем рассчитывают величину тока, проходящего через отдельный электродетонатор, и сравнивают найденную величину с гарантийным значением тока для безотказного взрыва.

Последовательное соединение. Сопротивление взрывной сети определяют по формуле

$$R = m r_{\text{д}} + L_{\text{д}} r_{\text{л}} + L_{\text{г}} r_{\text{г}} + L_{\text{м}} r_{\text{м}}, \quad (3.8)$$

где m — число электродетонаторов; $r_{\text{д}}$ — сопротивление одного электродетонатора, Ом; $L_{\text{д}}$, $L_{\text{г}}$ и $L_{\text{м}}$ — длина соответственно концевых, участковых и магистральных проводов, м; $r_{\text{л}}$, $r_{\text{г}}$ и $r_{\text{м}}$ — сопротивление 1 м соответственно концевых, участковых и магистральных проводов, Ом.

Полученное значение силы тока, проходящего через электродетонатор $I = U/R$ сравнивается с гарантийным, причем обязательно условие

$$I > I_{\text{гар}}. \quad (3.9)$$

Параллельно-пучковое соединение. Сопротивление отдельной произвольной (i -й) ветви $R_{\text{в}}$ находится по формуле

$$R_{\text{в}} = r_{\text{д}} + L_{\text{д}} r_{\text{л}} + L_{\text{г}} r_{\text{г}}, \quad (3.10)$$

где $L_{\text{д}}$, $L_{\text{г}}$ — длина соответственно концевых и участковых проводов данной ветви, м; $r_{\text{л}}$, $r_{\text{г}}$ — сопротивление 1 м соответственно концевых и участковых проводов данной ветви, Ом.

Сопротивление всей сети

$$R = L_{\text{м}} r_{\text{м}} + L_{\text{с}} r_{\text{с}} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{в}1}} + \frac{1}{R_{\text{в}2}} + \dots + \frac{1}{R_{\text{в}n}}}}, \quad (3.11)$$

где $L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ — длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м; $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ — сопротивление 1 м соответственно соединительных и магистральных проводов, Ом; $R_{\text{в}1}$, $R_{\text{в}2}$ — сопротивления отдельных ветвей, Ом.

При одинаковых сопротивлениях ветвей

$$R = L_M r_M + L_C r_C + R_B / n. \quad (3.12)$$

Сила тока в магистрали

$$I_M = U/R. \quad (3.13)$$

Сила тока, протекающего через отдельную ветвь и электродетонатор

$$I_B = I_M / n = U / (Rn) \quad (3.14)$$

должна быть не меньше гарантийной $I_{гар}$, т. е. сила тока в магистрали при n параллельно соединенных ЭД должна быть в n раз больше, чем гарантийная величина для отдельного ЭД.

3.2.6. Меры безопасности при электрическом инициировании зарядов

Отказы при электрическом инициировании в основном связаны с дефектами электродетонаторов и сетей. Это заводские дефекты, допущенные при изготовлении ЭД и не отбракованные в процессе контроля их качества на поточной линии; недостаточная сила тока и импульса тока на каждый ЭД; повреждение ЭД в процессе транспортировки или неправильного обращения в момент изготовления патрона-боевика и при их зарядании в шпуры; обрыв электровзрывной сети (ЭВС) при механических воздействиях.

Дефекты ЭД: неудовлетворительная герметичность гильзы ЭД, неисправность электровоспламенителей, нарушение изоляции концевых проводов и преждевременная разгерметизация ЭД-ЭД.

Неудовлетворительная водостойчивость имеет место из-за разгерметизации гильзы ЭД в случае плохой обжимки по пластиковой пробочке и при наличии трещин или микротрещин в стенке гильзы.

Согласно ГОСТ 21806—76, герметичность ЭД определяют путем выдержки их в воде на глубине 2 м в течение 3 ч и последующего взрыва в группах по 20 шт. При этом на 60 испытаний ЭД не допускается ни одного отказа или испорченной детонации. В случае получения одного дефекта дополнительно испытывают 120 ЭД на водостойчивость и 520 ЭД сухими на безотказность в пяти группах по 100 шт и в одной группе по 20 шт. Основной недостаток метода в том, что давление слишком мало (0,02 МПа) и не соответствует условиям применения.

МакНИИ рекомендует испытывать ЭД в воде под давлением 2 МПа при времени действия 20 мин, после чего частота отказов ЭД в группе по стандартной методике не должна превышать $1 \cdot 10^{-3}$.

Неисправность воспламенителей связана главным образом с дефектами по сопротивлению (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Виды дефектов сопротивления ЭД

Частота и причины разных видов брака ЭД по сопротивлению, $P \cdot 10^3$			
Блуждающее (плавающее) сопротивление	Отклонения сопротивления от нормы	Короткие замыкания	Отсутствие проводимости цепи
0,48 — 0,86 — неплотный контакт или токопроводимость через воспламенительный состав	0,82 — 1,28 — отклонение диаметра и длины мостика — плохой контакт	0,09 — 0,11 — замыкание между токопроводниками до мостика	0,35 — 0,60 — обрыв токопроводников или мостика. Сопротивление бесконечно большое

Дефекты ЭД по сопротивлению — это в большинстве случаев технологические дефекты. Их подразделяют на явные, обнаруживаемые при проверке ЭД, и скрытые, не обнаруженные при проверке ЭД. К первой группе дефектов относят обрыв мостика накалывания или жил концевых проводов, короткие замыкания жил проводов внутри в пластиковой пробочке или в их скрученной части, завышенное или заниженное сопротивление. Ко второй группе дефектов относят пониженную или повышенную чувствительность ЭД к току, пониженный импульс плавления мостика накалывания, отсутствие воспламенительного состава на мостике или повреждение воспламенительной головки и другие дефекты. Такой дефект ЭД как «блуждающее» (плавающее) сопротивление может проявляться поразно или как явный, или как скрытый дефект.

Исследования, выполненные в МакНИИ, показали, что основными причинами дефектов являются неудовлетворительное качество пайки мостиков накалывания и концевых проводов (60 % от числа исследованных дефектных электродетонаторов), обрывы концевых проводов и дульца гильз ЭД (16 %), обрыв мостика и разрушение воспламенительной головки в момент срабатывания электродетонаторов (8,4 %) и короткие замыкания (7 %). Электродетонаторы с завышенным сопротивлением, как правило, имеют переменное «блуждающее» сопротивление в пределах 3,5—7,0 Ом, а иногда до 15 Ом и более. Величина сопротивления ЭД при этом зависит от положения мостика в пространстве. Это свидетельствует о непрочном креплении мостика к лепесткам электровоспламенителя (ЭВ) жесткой (ЭВЖ) конструкции или к концевым проводам ЭВ эластичной (ЭВЭ) конструкции и о наличии переходных сопротивлений в местах пайки. Наличие микроразрывов на контактах значительно повышает чувствительность ЭД к току, особенно к его искровым разрядам. По-

следнее стало причиной случаев преждевременных срабатываний ЭД от зарядов статического электричества и от контрольно-измерительного прибора ВЮ-3, снятого с производства Госгортехнадзором СССР по этой причине.

На основании приведенных исследований установлено, что проверка сопротивления ЭД на расходных складах ВМ очень полезна, так как значительно повышает эффективность и безопасность электровзрывания.

Дефекты изоляции концевых проводов — сдир, трещины, утонения и проколы изоляционного покрытия токопроводящих жил — также очень опасны, поскольку они приводят к утечкам тока.

Изоляция концевых проводов иногда повреждается в процессе зарядания шпуров. Оголенные при этом жилы проводов соприкасаются с землей и между собой, что приводит к отказам ЭД. В обводненных забоях опасность шунтирования взрывных линий через поврежденную изоляцию возрастает, особенно при высокой удельной электропроводности и минерализации воды.

По данным ряда исследований, предел сопротивления изоляции взрывной сети при групповом взрывании рекомендуется не менее $0,2 \cdot 10^3$ Ом.

Во многих странах существуют более жесткие требования к изоляции концевых проводов и взрывных магистральных линий. Так, во Франции электрическое сопротивление изоляции концевых проводов допускается не менее $0,15 \cdot 10^3$, в Австрии — $1 \cdot 10^4$, в ПНР — $1 \cdot 10^5$ и в ВНР — $1 \cdot 10^6$ Ом.

В технических требованиях на новые СИ принято, что сопротивление изоляции концевых проводов должно быть не менее 2 кОм.

При этом разработаны схема индикации дефектов изоляции и специальное устройство, позволяющее выявлять ЭД с сопротивлением изоляции концевых проводов менее $1 \cdot 10^4$ Ом и замыкания токопроводящих жил на гильзу, которые действующими методами испытаний не обнаруживались. Измерительный ток в цепи этого устройства не превышает 0,5 мА, а при замыкании одной фазы на землю — 1 мА, поэтому оно безопасно в работе. Область применения его — расходные склады ВМ.

При зарядании шпуров взрывники могут повредить изоляцию концевых проводов, поэтому она должна иметь достаточную механическую прочность. Согласно ГОСТ 6285—74, прочность сцепления изоляции с жилой провода на участке 100 мм должна быть в пределах 200—700 г.

Механическая прочность изоляции радиальному сдавливанию металлическим бойком до токоведущей жилы (поверхность бойка

1 см² при ширине 0,5 см), согласно требованиям ГОСТ 6285—74, должна быть не менее 30 кг.

Неповрежденная изоляция проводов ВП-0,5; ВП-0,8 и ВП-0,7ХХ2 выдерживает испытательное напряжение 2,2 кВ. Следовательно, эти провода безопасны в применении, поскольку рабочее напряжение взрывных приборов составляет 600 В. Однако при наличии трещин, разрывов и других мелких дефектов в изоляции электрическое сопротивление ее резко снижается. В связи с этим взрывники должны осторожно обращаться с проводами, особенно в момент зарядания шпуров.

Преждевременная разгерметизация гильз ЭД происходит при их взрывании переменным током. Последнее особенно часто возникает при использовании электродотонаторов замедленного действия (ЭД-ЗД) с временем замедления более 1 с.

Время замедления ЭД-ЗД, с	0,5—0,75	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0
Частота отказов в группах по 20 шт.	0	0,09	0,2	0,3	0,4	0,6

Как правило, отказывающие ЭД-ЗД имеют прожженные отверстия в гильзах размером 0,1—0,3 мм на расстоянии 18—21 мм от дульца (местоположение вилочки электровоспламенителя). Прогорание гильз обусловлено электрической дугой, возникающей на мостике накалывания при взрывании от сети переменного тока.

После прожига отверстий в гильзе процесс горения пиротехнических замедлителей обрывается, поскольку при этом в гильзе наблюдается резкий спад давления.

Снижение величин силы тока во взрывной сети, приводящее к отказам ЭД, может происходить по ряду причин из-за: ошибок расчета электровзрывных сетей, неисправности взрывных приборов и перегрузки ЭВС большим числом ЭД, нарушенных взрываний ЕПБ при монтаже ЭВС, плохого зажатия клемм взрывных проводов, окисления и загрязнения поверхности проводов в местах их соединений и т. д.

Отказывающие ЭД все опасны, поскольку при механических воздействиях они взрываются при очень малой энергии удара (4 Дж). Наиболее чувствительный элемент в ЭД — электровоспламенитель. Инициирующее ВВ в колпачке и основной заряд бризантного ВВ выдерживают энергию удара до 66 Дж.

В связи с изложенным необходимо своевременно устранять причины отказов и соблюдать следующие рекомендации:

не допускать при зарядании шпуров и скважин поврежденных изоляции и токопроводящих жил концевых проводов;

тщательно выполнять все соединения концевых, соединительных и магистральных проводов, выполнять выполняемые соединения и все участки с дефектами изоляции;

использовать при групповом взрывании только ЭД, проверенные на расходном складе ВМ по электрическому сопротивлению и наружному осмотру, в том числе по качеству изоляции концевых проводов; не допускать отклонения фактического сопротивления ЭВС более чем на 10 % от расчетного и не допускать при соединении к взрывному прибору числа ЭД больше нормы;

не производить взрывание ЭД неисправным взрывным прибором;

применять для взрывных магистралей большой протяженности (более 200 м) специальный кабель, допущенный для этих целей;

обеспечивать двухпроводность ЭВС. Использование труб, рельсов, канатов, земли и т. п. в качестве токопроводников запрещается, так как возможны преждевременные взрывы ЭД.

Отказы зарядов опасны также тем, что их визуально не всегда легко обнаружить.

Взрывник после взрывания должен лично убедиться, все ли ЭД взорваны, для чего рекомендуется внимательно осмотреть забой. Выход из укрытия разрешается только после полного проветривания места взрывания, отсоединения проводов магистральной линии от источников тока и замыкания их накоротко, но не ранее чем через 5 мин после взрывания. В том случае, если после подачи взрывного импульса взрыва не последует, взрывник должен отсоединить магистральные провода от источника тока, проверить прибором ВИС-1 целостность взрывной сети или измерить величину ее сопротивления, концы магистральных проводов накоротко замкнуть и извлечь ключ из взрывного прибора. Подходить к месту взрыва для исправления взрывной сети можно не ранее чем через 10 мин независимо от типа применяемых ЭД.

Взрывник при подозрении на отказ должен оставаться на месте работ до полной выгрузки отбитого взрывом угля или породы, поскольку отказ, обнаруженный при уборке взрывной массы, рабочие пытаются иногда ликвидировать самостоятельно, что часто приводит к тяжелым последствиям.

Отказавшие заряды разрешается оставлять только при условии, что ликвидировать их не представляется возможным (забой не закреплен, вскрыт суфляр или содержание метана в забое более 1 %, вышел из строя взрывной прибор и т. д.). В этом случае взрывник должен уведомить руководителя взрывных работ или заменяющего его лица сменного технического надзора, закрепив предварительно забой, где произошел отказ. Все работы в забое необходимо прекратить. Дальнейшую ликвидацию отказа следует выполнять по указанию и в присутствии лица технического надзора. Каждый отказ после смены должен быть записан в Журнал для записи отказов при взрывных работах и времени их лик-

видации. Рекомендуются следующие способы ликвидации отказов:

бурение параллельного шпура на расстоянии 30 см от отказавшего шпура, зарядание в него ВВ (в шахтах, опасных по газу или пыли, используют ВВ VI класса) и последующее взрывание;

вымывание ВВ водой с последующим свободным извлечением из шпура (скважин) ЭД;

осторожная разборка массива горных пород вокруг отказавшего заряда в случае, если он нарушен взрывом соседних зарядов, трещиноват, сильно ослаблен и не позволяет пробурить рядом (30 см) с отказом параллельный шпур.

Промышленные ЭД имеют высокую чувствительность к току, что создает определенную опасность их преждевременного взрыва блуждающими токами и зарядами статического электричества в забоях.

Гарантийный ток — это нижний предел тока (постоянного или эффективного значения переменного), который, протекая в течение заданного времени через группу последовательно соединенных ЭД, обеспечивает их взрывание с допустимой вероятностью. Величина гарантийного тока, так же как и безопасного, характеризует чувствительность ЭД к току. Для расчета параметров взрывных приборов гарантийный ток для 100 ЭД принят величиной 1 А, а при взрывании ЭД в больших группах (до 300 шт.) — 1,3 А и не менее 2,5 А при взрывании переменным током.

Безотказность взрывания ЭД в группах зависит также от конструкции электровоспламенителя. Например, 100 ЭД с жестким креплением мостика накаливания безотказно взрываются от постоянного тока 0,5 А без ограничения времени его действия и от тока 0,6 А, если длительность его составляет 4 мс (импульс тока $1,44 \text{ А}^2 \times \text{Хмс}$). В то же время ЭД с эластичным креплением мостиков не взрываются при токе 0,6 А даже при его действии в течение 8 мс (импульс тока $2,83 \text{ А}^2 \cdot \text{мс}$). Величина тока по взрывной цепи не постоянна и снижается во времени (рис. 3.23), причем за 2 мс ток

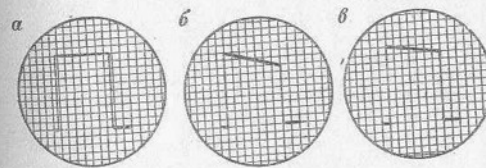


Рис. 3.23. Осциллограммы измерения величины тока в момент взрывания электровоспламенителя:
а — ток 0,8 А; б — ток через 2 мс для ЭВЭ ($I=0,64 \text{ А}$); в — ток через 2 мс для ЭВЖ ($I=0,72 \text{ А}$)

уменьшается, например в ЭД с эластичным креплением мостика — с 0,8 до 0,64 А, т. е. на 20 %, а в ЭД с жестким креплением — до 0,72 А, т. е. на 10 %. Это снижение величины тока во взрывной цепи свидетельствует о росте сопротивления ЭД в момент прохождения тока.

Известно, что большинство (93 %) ЭД с жестким креплением мостика имеют сопротивление 2,1—2,4 Ом, а ЭД с эластичным креплением — 2,5—3,5 Ом. Это значит, что в группе из 100 ЭД в первом случае сопротивление может измениться в пределах 231—264 Ом, а во втором — 275—385 Ом. Это опасно, поскольку сопротивление взрывной линии превышает норму или находится на пределе. Естественно, взрывные приборы по мощности имеют определенный запас надежности, но рассчитывать на это не рекомендуется.

Для устранения взаимодействия смежных шпуров минимальное расстояние между ними допускается по уголю не менее 0,6 м, а по породе — не менее 0,45 м при коэффициенте крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова $f \leq 7$ и не менее 0,3 м при $f > 7$. Кроме того, для обеспечения более мощного первоначального импульса все типы предохранительных ЭД изготавливают с повышенной инициирующей способностью. Однако устойчивость детонации пассивных патронов практически не зависит от инициирующей способности ЭД, поэтому необходимо постоянно следить, чтобы фактические расстояния между шпурами были всегда больше допустимых значений, предусмотренных Едиными правилами безопасности.

Преждевременные взрывы ЭД происходят в основном в результате воздействия на них различных посторонних «блуждающих» токов. Источниками возникновения блуждающих токов на горных предприятиях являются: тоководущие рельсовые пути (при контактной электровозной откатке), токи утечки из электрических сетей, источники электромагнитных излучений, электростатические заряды, индуктивное влияние силовых сетей.

Токи, попадающие в землю из тоководущих рельсов, принято называть электротяговыми блуждающими токами, которые наряду с токами утечки из силовых сетей являются наиболее опасными видами блуждающих токов на горных предприятиях. При электровзрывании в зоне распространения блуждающих токов существует реальная возможность их попадания в электро-взрывную сеть, что может повлечь за собой преждевременный взрыв зарядов.

Блуждающие токи и токи утечки попадают в электровзрывную сеть или на отдельный ЭД при наличии двух поврежденных изоляций магистральных или концевых проводов (рис. 3.24), и при условии, что они соприкасаются этими местами с грунтом, рельсами или другими металлическими предметами. Блуждающие токи возникают при

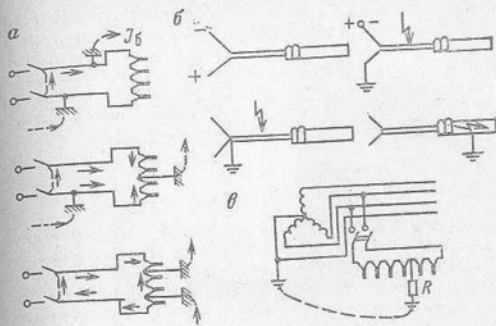


рис. 3.24. Варианты попадания сторонних токов во взрывные сети: а — блуждающие токи и токи утечки; б — статическое электричество; в — шунтирование электровзрывных сетей

использовании контактных электровозов, при наличии токов утечки электрических установок в результате повреждений изоляции токопроводников. Величина посторонних токов во взрывной сети может составлять сотые доли ампера при замыкании двух точек оголения жил на грунт и в пределах до 1 А при касании одного оголения на рельсе, а другого — на грунт.

Статическое электричество может быть занесено в ЭД от одежды взрывника через разомкнутые жилы концевых проводов, а также на замкнутые жилы, если они скручены, но соприкасаются с землей (рис. 3.24, б). В любой точке концевых проводов может возникнуть ток, наводимый каким-либо телом, заряженным статическим электричеством.

Если гильза ЭД соприкасается с землей, то опасность преждевременного взрыва возникает в результате пробоя воздушного зазора между гильзой и ЭВ, причем происходит это независимо от того, замкнуты в данный момент или нет жилы концевых проводов. Поэтому у всех антистатических электродетонаторов ЭВ изолированы от гильзы трубой.

Исследованиями МакНИИ и ВостНИИ установлено, что наибольшую опасность представляет повышенное сопротивление токопроводников, что имеет место в ЭВЖ при некачественной пайке мостиков накаливания (28 %) и при их обрывах и отрывах (65,6 %), в ЭВЭ — при накладке мостика внахлестку (64 %). При исследованиях ЭД с повышенным сопротивлением получены срабатывания

ЭВЭ при напряжении 100 В и силе тока 0,05 А и срабатывания ЭВЖ при напряжении 60 В и силе тока 0,04 А. Отсюда следует, что ЭД с завышенным сопротивлением имеют повышенную чувствительность к току и опасны с точки зрения их преждевременных взрывов.

Минимальная энергия срабатывания дефектных ЭД, которая была зафиксирована в лабораторных условиях МакНИИ и ВостНИИ, составила 0,025 мВт·с.

3.3. СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВВ С ПОМОЩЬЮ ДШ

Способ инициирования ВВ с помощью детонирующего шнура (ДШ) прост и безопасен при ликвидации отказавших зарядов. Важные преимущества этого способа — упрощение технологии взрывных работ, возможность осуществления короткозамедленного взрывания с помощью пиротехнических реле КЗДШ, обеспечение полноты детонации зарядов большой протяженности, возможность многоточечного инициирования зарядов и т. д.

3.3.1. Средства инициирования ВВ с помощью ДШ

Детонирующий шнур предназначен для передачи детонации от капсюля-детонатора к заряду ВВ или от заряда к заряду на большие расстояния. Если сеть детонирующего шнура имеет разветвление, то детонация передается по всем ветвям одновременно с одинаковой скоростью (около 6,5 км/с). Заряды порошкообразных ВВ безотказно детонируют от введенных в них отрезков детонирующего шнура без капсюлей-детонаторов.

Сердцевина детонирующего шнура изготавливается из ТЭНа и покрывается на оплеточной машине оплетками из льняных и хлопчатобумажных ниток. В зависимости от назначения и конструктивных особенностей детонирующий шнур может быть четырех типов (табл. 3.12). Шнуры выпускаются отрезками по 50 м, свернутыми в бухты. Усилие шнуров на разрыв составляет не менее 500 Н.

Гарантийный срок хранения 1,5 года. Шнур ДША имеет наибольшее распространение, устойчиво детонирует от капсюля-детонатора или электродетонатора. Скорость детонации сравнительно стабильна и составляет не менее 6200 м/с.

Шнур типа ДШВ более водостойчив, однако при низких температурах оболочка его теряет эластичность и ломается при монтаже.

Достоинствами шнуров ДША и ДШЭ являются их легкость, гибкость, относительная прочность. Основными недостатками этих шнуров по-прежнему остаются технологические дефекты: пропуски взрывчатой сердцевинки, неравномерность распределения ее по дли-

Таблица 3.12
Характеристика детонирующих шнуров

Тип ДШ	Диаметр, мм	Масса ВВ на 1 м шнура, г	Водоизолирующее покрытие оболочки	Допустимая температура среды, °С	Водоустойчивость (при глубине погружения, м), ч
ДША	4,8—5,8	12,5±0,5	Водоизолирующая мастика	—28 +50	12 (0,5)
ДШВ	5,5—6,1	14,0±0,5	Полихлорвиниловый пластикат	—35 +60	24 (1,0)
ДШЭ-6	3,7—4,7	6,0±0,5	Кабельный полиэтилен	—50 +65	30 (30)
ДШЭ-12	4,5—5,5	12,5±0,5	То же	—50 +65	30 (30)

не шнура: утонения и утолщения, разброс величин скорости детонации, относительно низкая надежность визуального контроля исправности сети и высокая стоимость.

При короткозамедленном взрывании скважинных зарядов для создания необходимого замедления между скважинами или рядами скважин применяют пиротехнические замедлители.

Пиротехнические замедлители детонирующего шнура КЗДШ-69 (ТУ 84-241—80) применяются для создания необходимых замедлений между взрывающимися рядами при их инициировании детонирующим шнуром.

Конструкция КЗДШ-69 (рис. 3.25) предусматривает замедления 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125, 175 и 200 мс с разбросом по времени замедления от ±4 до ±7 мс соответственно. Реле состоит из жесткой бумажной трубки, в которую помещен замедляющий элемент, состоящий из капсюля-детонатора в металлической гильзе с пиротехническим замедлителем из окиси меди и алюминиевой пудры. С обеих сторон трубки с помощью алюминиевых колпачков закреплены отрезки детонирующего шнура, один касается донышка капсюля-детонатора, другой расположен на расстоянии 100 мм от среза гильзы.

Замедлитель включается в разрыв сети детонирующего шнура. При взрыве первым детонирует входящий (длинный) отрезок шнура (см. рис. 3.25). Детонационная волна воспламеняет замедлитель, пламя которого инициирует капсюль-детонатор, а взрыв последнего инициирует примыкающий к нему (короткий) отрезок детонирующего шнура.

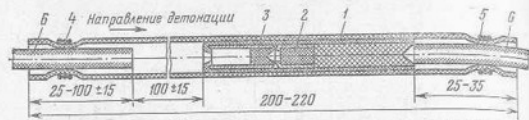


Рис. 3.25. Пиротехнический замедлитель детонирующего шнура КЗДШ-69: 1 — трубка; 2 — капсуля-детонатор; 3 — замедлитель; 4, 5 — фиксаторы; 6 — отрезки ДШ

шего шнура, выходящий из трубки. При замедлениях, отличных от номинальных, допускается включение двух реле между зарядами ВВ последовательно.

Замедлитель КЗДШ-69 передает детонацию только в одном направлении (на рис. 3.25 указано стрелкой), что требует повышенного внимания при монтаже сети. На трубке КЗДШ-69 стрелкой указано направление детонации, в котором замедлитель работает нормально.

3.3.2. Технология инициирования ВВ с помощью ДШ

Для инициирования зарядов необходимо: разрезать шнур на отрезки для изготовления патронов-боевиков; изготовить патроны-боевики, произвести зарядку и забойку, монтаж и проверку сети детонирующего шнура; подсоединить к магистрали капсуля-детонаторы или электродетонаторы и произвести взрыв. После взрыва осмотреть место взрыва; при наличии отказов ликвидировать их. Длина отрезков детонирующего шнура выбирается такой, чтобы после установки боевика на поверхности у скважины оставался конец шнура длиной 1—1,5 м.

При взрывах зарядов в скважинах или камерах патрон-боевик изготавливается на месте зарядания из нескольких патронов, обвязываемых детонирующим шнуром, или из специальных шашек — промежуточных детонаторов. Отрезки шнуров между собой соединяются внакладку (рис. 3.26, а) или внакрутку (рис. 3.26, б) на длине не менее 10 см. Отрезки скрепляют изоляционной лентой или шпагатом, наиболее часто шнуры связывают морским узлом (рис. 3.26, в).

Угол между ответвлениями детонирующего шнура и магистралью по направлению детонации не должен быть (рис. 3.26, б) больше 90°, так как это может привести к отказам.

При монтаже сети нельзя допускать витков и скруток на шнуры, пересекающиеся шнуры должны быть разделены грунтом или деревянной прокладкой толщиной не менее 10 см. Монтаж сети ведется от последних скважин к месту инициирования. После оконча-

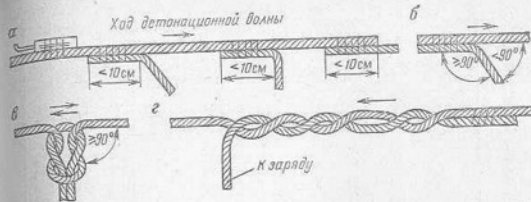


Рис. 3.26. Основные способы соединения детонирующего шнура при монтаже сети

ния монтажа взрывник и руководитель взрыва еще раз осматривают и проверяют правильность взрывной сети, а затем подсоединяют в месте инициирования капсуля-детонаторы или электродетонаторы.

Для большей надежности сети детонирующего шнура дублируют, при этом обе сети взрывают от одного инициатора. При взрывах больших зарядов сети детонирующего шнура взрывают не менее чем двумя электродетонаторами (рис. 3.27), которые прикрепляют на расстоянии 10—15 см от конца магистральной линии детонирующего шнура.

В последнее время на карьерах и рудниках порошкообразные ВВ практически полностью заменены менее чувствительными гранулированными и водосодержащими ВВ. Для надежного инициирования применяют промежуточные детонаторы в виде патронов-боевиков из связки патронированных ВВ (аммонита 6ЖВ, скального аммонита № 1 и т. п.), обвязанных детонирующим шнуром (рис. 3.28), а также специальные промежуточные детонаторы из мощных прессованных ВВ в виде шашек различной формы и массы. Характеристика шашек-детонаторов приведена в табл. 3.13. Промежущо-

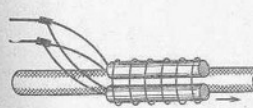


Рис. 3.27. Схема инициирования магистрали детонирующего шнура

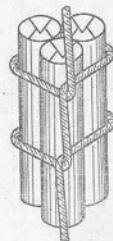


Рис. 3.28. Промежуточный детонатор из патронов ВВ и ДШ

Характеристика промежуточных детонаторов, предназначенных для инициирования скажанных и сосредоточенных зарядов на открытых горных работах

Наименование изделий, ОСТ	ВВ	Масса, г	Плотность, г/см ³	Скорость детонации, км/с	Время нахождение в воде, с	Форма и конструкция	Диаметр канала (глубина), мм
Шашки прессованные ТП-200, ОСТ 84-1366—76	Прессованный тротил	200	1,5—1,55	6,5—6,8	3	Параллелепипед с гнездом под ЭД или КД	7,5—8,2
Шашки прессованные ТП-400, ОСТ 84-1366—76	То же	400	1,5—1,55	6,5—6,8	3	То же	7,5—8,2
Шашки прессованные ТП-400Г, ОСТ 84-411—80	»	400	1,52—1,59	6,8—7,0	6 при $p = 0,2$ МПа	Прессованный цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	14,5
Шашки литые ТП-500, ОСТ 84-411—80	Слитая тротила с тексоном	500	1,58—1,64	7,2—7,8	Не ограничено	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	14,5

Примечание. Шашки ТП-200 и ТП-400 предназначены главным образом для сейсморазведочных работ, но могут быть использованы и в качестве промежуточных детонаторов при электрическом или огневым взрывании зарядов ВВ.

ные детонаторы для взрывания ВВ различных типов делается из одной-двух шашек. Все шашки взрываются с помощью пропущенных через осевое отверстие 1—4 ниток детонирующего шнура.

8.3.3. Меры безопасности при использовании ДШ

Безопасность взрывных работ при использовании детонирующих шнуров во многом зависит от их качества и качества применяемых тротильных шашек, так как любые дефекты ДШ и шашек, как правило, приводят к отказам.

Качество ДШ зависит от его водостойкости и целостности сердцевинки, т. е. от наличия пропусков, утонений, разрывов и высыпаний ТЭНа. По этой причине происходит до 30 % отказов ДШ.

Водостойкость ДШ зависит от его конструкции и качества изготовления, а также агрессивности среды, в которой он применяется. Например, ДША теряет свои взрывные свойства в воде через 1 сут, а ДШВ — через 15 сут (в то время как в соляровом масле уже через несколько часов). При намокании ДШ увеличивается скорость детонации, однако при этом снижается его чувствительность к внешнему импульсу. В действующих нормативно-технических документах не заложены количественные значения такого важного показателя качества ДШ, как восприимчивость к детонации. Нет также требований по количественным значениям инициирующей способности ДШ, по вероятности безотказной работы его соединений и т. п.

При короткозамедленном взрывании может иметь место подбой (разрыв) ДШ. Поэтому нитки ДШ магистрали должны прокладываться на расстоянии не менее 10 см друг от друга или, наоборот, плотно прижатыми друг к другу. Установлено, что во втором случае количество отказов снижается в 2 раза.

Иницирование зарядов в скважинах происходит обычно двумя боевиками, расположенными на противоположных концах заряда. Замечено, что ДШ в скважине в этом случае отрицательно влияет на эффективность взрыва. Имеют место даже отказы в средней части скважины. В связи с этим были разработаны малоомные детонирующие шнуры типа ДШЭ-6 для монтажа магистральных линий и передачи импульса от верхнего боевика в скважине к нижнему.

При бескапсюльном инициировании детонирующей шнур передает инициирующий импульс тротильной шашке, являющейся промежуточным детонатором. Иницирующий импульс одной шашки-детонатора типа Т-400Г практически достаточно для инициирования скважинных зарядов любых ВВ, а для гранулированных — в режиме, близком к оптимальному. Недостатком этих тротильных шашек является их низкая водостойкость. Например,

при увеличении влажности шашек Т-400Г свыше 3,5 % они отказывают практически все. Шашка, находясь в обводненных условиях, флегматизируется. Для обеспечения надежного их инициирования две нити ДШ, плотно прижатые и дублирующие друг друга, пропускают через осевой канал шашки, затем перегибают и снова вводят в отверстие. Таким образом, в канале шашки размещаются четыре нити ДШ.

В обводненных условиях этот способ изготовления боевиков не всегда обеспечивает необходимую надежность взрывания, так как при снижении восприимчивости, например у мокрого ДША, к инициирующему импульсу не обеспечивается одновременная детонация пестель ДШ в боевике (в шашке); происходит передача инициирующего импульса от витка к витку. Получается, что в каждый момент времени на шашке детонирует только одна нитка ДША, импульс которой недостаточен для инициирования таких шашек, как Т-400Г и ТП-400. Последнее можно устранить только применением водостойких детонирующих шнуров типа ДШЭ.

4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. ДОПУСК ВМ К ПРИМЕНЕНИЮ*

Под взрывчатыми материалами (ВМ) понимаются ВВ и изделия с ними, объединяемые в три основные группы: взрывчатые вещества (ВВ), средства инициирования (СИ), прострелочно-взрывные аппараты (ПВА).

Новые ВМ разрабатываются для повышения эффективности взрывных работ, повышения безопасности их применения и изготовления, улучшения эксплуатационных свойств, повышения технологичности производства и использования, унификации рецептур.

Вновь разрабатываемые ВВ, СИ и ПВА должны соответствовать по своим показателям техническим заданиям и пройти предварительные и приемочные испытания, по результатам которых в установленном порядке принимаются решения о допуске их к постоянному применению.**

Предварительными испытаниями называют контрольные испытания опытных партий (опытных образцов) новых ВМ, проводимые в целях определения возможности предъявления их на приемочные испытания.

Предварительные испытания, как правило, проводят: в институтах по безопасности работ: МакНИИ, ВостНИИ, ВНИИБТГ, ВНИПИВЗР, Геофизики (или в другой организации), которые выполняются для определения соответствия ВМ требованиям и нормам, содержащимся в технических условиях и техническом задании;

на предприятиях-потребителях с целью определения эффективности нового ВМ, уточнения области его применения (назначения) и установления возможности проведения приемочных испытаний.

Приемочные испытания — контрольные испытания опытных партий (опытных образцов) нового промышленного ВМ, выполняемые в целях определения целесообразности его допуска к постоянному применению, а также уточнения условий использования и по-

* Порядок допуска по состоянию на 01.07.87.

** Число стадий испытаний может быть сокращено по согласованию разработчика с институтом по безопасности работ.

становки на производство. Такие испытания, как правило, проводят на нескольких предприятиях.

Порядок предварительных испытаний ВМ. Для проведения испытаний в институте по безопасности работ организация-разработчик ВМ направляет опытные образцы и следующую техническую документацию:

технические условия;

краткое руководство по применению, содержащее перечень сведений, необходимых для хранения, перевозки и использования ВМ. Краткое руководство является приложением к техническим условиям на опытные партии (образцы). Оно оформляется отдельным документом на ВМ, допущенные к постоянному применению;

акт-отчет с основными характеристиками нового ВМ и заключением о соответствии опытного образца техническим условиям (заключение составляется в организации-разработчике ВМ или на предприятии-изготовителе на основании испытаний, проведенных по специальным программам и методикам).

При испытании в институте по безопасности работ ВВ, предназначенного для импульсной обработки металлов, кроме перечисленных документов, также направляется техническое задание на разработку.

Число направленных в институт опытных образцов должно быть достаточно большим. Для ВВ I—IV классов масса опытных образцов должна составлять 50 кг, а для ВВ V—VI классов — 120 кг. Количество ВМ, предназначенных для геофизических работ, обработки металлов, перебивания деревянных стоек и т. д., устанавливается по согласованию с соответствующими институтами по безопасности работ.

Испытания проводятся в месячный срок, как правило, в присутствии представителя разработчика ВМ. По результатам испытаний оформляется заключение, в котором определяется возможность допуска ВМ к предварительным испытаниям в производственных условиях с указанием назначения, условий (области) безопасного применения, хранения, перевозки, выполнения погрузочно-разгрузочных операций, токсикологической оценки, комплекса физико-химических и взрывчатых характеристик и т. д.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний институт по безопасности работ указывает в заключении показатели, по которым новые ВМ не удовлетворяют требованиям и нормам, установленным в технических условиях или техническом задании. Институт вправе рекомендовать и прекращение опытных работ или повторные испытания ВМ после доработки.

Заключение направляется разработчику ВМ, Госгортехнадзору

СССР, министерству-заказчику и другим заинтересованным организациям.

Предварительные испытания в производственных условиях проводятся по разрешению Госгортехнадзора СССР, выдаваемому министерству-заказчику на основании следующих документов:

письменного ходатайства с указанием места испытаний, сроков и организаций, ответственных за их проведение;

технических условий;

краткого руководства по применению ВМ;

положительного заключения института по безопасности работ по результатам проведенной проверки;

программы и методики предварительных испытаний.

Программу и методику проведения предварительных испытаний ВМ готовит институт-заказчик, который согласовывает их с разработчиком и институтом по безопасности работ, а также с другими заинтересованными учреждениями. После согласований программа и методика подлежат утверждению министерством-заказчиком.

В программе испытаний должны быть указаны: техническая характеристика и особенности нового ВМ; область (условия) применения; цели и задачи испытаний; перечень предприятий (организаций), на которых намечено проводить испытания; объем и сроки проведения испытаний с указанием порядка проведения лабораторно-полигонных испытаний; организации, ответственные за выполнение предусмотренного объема испытаний; особые условия.

В методике испытаний необходимо отразить: условия применения нового ВМ с целью определения основных технологических параметров; меры обеспечения безопасности; порядок и последовательность выполнения установленных объемов испытаний; методы исследований отказов, неполных взрывов, выгораний и т. п. с целью выявления их причин; методы определения технико-экономических показателей для нового ВМ в сравнении с ранее применявшимися; порядок оформления результатов испытаний.

Госгортехнадзор СССР направляет разрешение на проведение предварительных испытаний в производственных условиях министерству (ведомству)-заказчику и местным органам госгортехнадзора, контролирующим предприятия (организации), на которых будут проводиться испытания. Министерство-заказчик, в свою очередь, направляет разрешение Госгортехнадзора СССР разработчику ВМ, подведомственному предприятию, на котором намечено проведение испытаний, и институту по безопасности работ.

Предварительные испытания в производственных условиях проводит комиссия, образованная министерством-заказчиком. При этом в комиссию включаются представи-

тели: разработчика ВМ, предприятия, на котором будут проводиться испытания, головного института министерства-заказчика, а также (по согласованию) местного органа госгортехнадзора и института по безопасности работ.

В сроки, установленные программой испытаний, разработчик ВМ изготавливает опытную партию взрывчатых материалов:

а) взрывчатые вещества, предназначенные для применения в подземных выработках рудников при механизированном и немеханизированном зарядании шпуров — до 1 т, скважин — до 3 т; в условиях открытых горных и других работ — до 20 т;

б) средства инициирования, предназначенные для подземных или открытых горных и других работ (электродетонаторы, капсюль-детонаторы — 100 тыс. шт.; детонирующий или огнепроводный шнур — 50 тыс. м);

в) изделия со взрывчатыми веществами и прострелочно-взрывные аппараты, предназначенные для геофизических работ (средства воспламенения — 100 шт.; специальный детонирующий шнур — 200 м; взрывные устройства, взрывные патроны, специальные электродетонаторы — 20 шт.; заряды для прострелочно-взрывных аппаратов — 200 шт.; прострелочные и взрывные аппараты разового и многократного использования — соответственно 10 и 5 шт.).

Взрывчатые материалы, предназначенные для импульсной обработки металлов, могут применяться при предварительных испытаниях в количествах, указываемых в программе проведения испытаний.

От опытной партии нового ВМ в установленном порядке отбирается и направляется в институт по безопасности работ образец для контрольной проверки на соответствие требованиям и нормам, содержащимся в технических условиях. Институт оформляет по результатам проверки заключение с рекомендациями о направлении опытной партии на дальнейшие испытания или о ее браковке. Заключение направляется заинтересованным организациям.

Для проведения предварительных испытаний разработчик ВМ направляет предприятию-потребителю вместе с опытной партией следующую документацию: заключение института по безопасности работ, оформленное по результатам контрольной проверки; технические условия; краткое руководство по применению.

Программу и методику проведения испытаний предприятию-потребителю направляет организация, их разработавшая, а паспорт на опытную партию — изготовитель ВМ.

После получения ВМ и перечисленных документов комиссия проводит испытания, результаты которых оформляются актом. В акте отражаются: результаты испытаний и проверки соответствия ВМ технической документации; общая оценка показателей качества ВМ,

а также их соответствия требованиям технического задания; результаты аттестации уровня и качества ВМ.

В 10-дневный срок акт испытаний направляется заинтересованным организациям. В случае, если в ходе или по завершении испытаний выявится невозможность их дальнейшего проведения по условиям безопасности работ, испытания должны быть прекращены.

При положительных результатах испытаний институт по безопасности работ, рассмотрев акт комиссии, направляет в заинтересованные организации заключение с рекомендациями о целесообразности проведения приемочных испытаний или о продлении предварительных испытаний с указанием дополнительных условий.

Порядок проведения приемочных испытаний ВМ. Приемочные испытания ВМ могут проводиться только по разрешению Госгортехнадзора СССР, выдаваемому на основании письменного ходатайства министерства-заказчика, к которому прилагаются:

акт предварительных испытаний ВМ в производственных условиях;

программа и методика приемочных испытаний, согласованные и утвержденные в порядке, аналогичном для предварительных испытаний;

соответствующее заключение института по безопасности работ; технические условия;

краткое руководство по применению ВМ.

Приемочные испытания нового ВМ должны проводиться под руководством межведомственной комиссии, образованной министерством-заказчиком. В состав такой комиссии входят представители разработчика ВМ, института по безопасности работ, головного института министерства-заказчика, предприятия, на котором будут проводиться испытания, а также (по согласованию) представители других заинтересованных организаций.

Приказами по предприятиям, на которых будут проводиться испытания, назначаются рабочие комиссии, которые призваны осуществлять непосредственное руководство испытаниями. В состав рабочих комиссий должны входить представители технической инспекции профсоюза, министерства-заказчика, местного органа госгортехнадзора и местной санэпидстанции Минздрава СССР (по согласованию), а также предприятия, на которых проводятся испытания, и организаций, осуществляющие методическое руководство проведением приемочных испытаний.

Результаты испытаний оформляются актами с отражением данных аналогично предварительным испытаниям.

После получения от министерства документа о создании комиссии по проведению приемочных испытаний каждое предприятие, на

котором будут выполняться такие испытания, в месячный срок должно разработать мероприятия по их проведению и выслать изготовителю ВМ соответствующую заявку на приобретение, а также разрешения органов внутренних дел на хранение и перевозку ВМ.

В установленные программой испытаний сроки разработчик изготавливает опытные партии ВМ, достаточные для проведения испытаний и обоснованных выводов о пригодности ВВ, СИ или ПВА к постоянному применению.

Например, при испытаниях ВВ, предназначенных для применения в подземных выработках рудников при механизированном и немеханизированном зарядании шпуров, нарабатывается не менее 5 т, а при механизированном зарядании скважин — не менее 15 т. При испытаниях ВВ в угольных шахтах или на открытых горных и других работах может изготавливаться до 100 т ВВ.

Количество ВМ, представляемых для предварительных и приемочных испытаний, могут уточняться с учетом конкретных условий проведения работ.

Для проведения приемочных испытаний разработчик ВМ направляет на предприятия вместе с опытной партией ВВ, СИ или ПВА новое заключение института по безопасности работ, технические условия, акт предварительных испытаний в производственных условиях, краткое руководство по применению ВМ. Программу и методику испытаний предприятия направляют их министерства, а паспорт на опытную партию высылает изготовитель ВМ.

Не позднее 2 мес. после окончания приемочных испытаний, обобщения их результатов и установления технико-экономических показателей нового ВМ межведомственная комиссия обязана составить акт о целесообразности его применения или отклонении. Акт подлежит рассылке заинтересованным организациям.

Получив акт, институт по безопасности работ дает заключение с рекомендациями о возможности допуска ВМ к постоянному применению с указанием назначения, условий (области) безопасного применения, хранения, перевозки, выполнения погрузочно-разгрузочных операций. При этом подтверждаются данные разработчика о подклассе опасности в обращении и группе совместности, коде экстренных мер по ликвидации аварий, номере по списку ООН, температура плавления и воспламенения, средства пожаротушения и т. д.

Институт вправе дать рекомендации и о продлении приемочных испытаний. Заключение высылается Госгортехнадзору СССР, министерству-заказчику и другим заинтересованным организациям.

На основании письменного ходатайства министерства-заказчика и приложений к нему акта приемочных испытаний, заключения института по безопасности работ, технических условий, по которым проводились приемочные испытания, и проекта отраслевых техниче-

ских условий, а также краткого руководства по применению ВМ Госгортехнадзор СССР принимает решение о допуске его к постоянному применению. В решении указываются назначение ВМ, область использования, а также другие данные, характеризующие условия безопасного применения, хранения, транспортирования, выполнения погрузочно-разгрузочных операций и т. д. Согласно принятому решению, Госгортехнадзор СССР издает журнальное постановление.

4.2. ПЕРСОНАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Взрывные работы могут выполнять только лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

Лица, допускаемые к взрывным работам по профессии взрывник, должны отвечать установленным требованиям. В частности, к производству взрывных работ на земной поверхности допускаются взрывники не моложе 19 лет и в подземных выработках не моложе 20 лет, удовлетворяющие соответствующим медицинским требованиям, а также имеющие необходимое образование и производственный стаж не менее одного года соответственно на открытых (других) горных работах или на проходке подземных горных выработок в очистных забоях.

К взрывным работам по профессии мастер-взрывник допускаются лица не моложе 22 лет, отвечающие аналогичным медицинским и образовательным требованиям, а также стаж подземных работ по проходке горных выработок или в очистных забоях не менее двух лет.

К взрыванию горячих массивов допускаются взрывники, также имеющие стаж взрывных работ не менее двух лет.
Взрывные работы в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается вести только мастерам-взрывникам.

В связи со специфическим характером работы взрывников и мастеров-взрывников они должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические (один раз в год при работе в подземных условиях и один раз в два года соответственно на земной поверхности) медицинские осмотры, в том числе с участием терапевта-психиатра.

Различают следующие виды взрывных работ, к выполнению которых допускаются взрывники (мастера-взрывники):

- в подземных выработках и на поверхности угольных и сланцевых шахт, опасных по газу или по пыли;
- в подземных выработках и на поверхности угольных и сланцевых шахт, не опасных по газу или пыли;

в подземных выработках и на поверхности рудников, опасных по породу и метану;

в подземных выработках и на поверхности рудников, не опасных по газу или пыли;

в подземных выработках и на поверхности шахт и рудников, опасных по взрыву серной или сульфидной пыли;

в подземных выработках и на поверхности нефтяных шахт; при проведении тоннелей и строительстве метрополитена;

на открытых горных разработках; при сейсмозащите;

прострелочные и взрывные работы в скважинах; при рыхлении мерзлого и другого вида грунтов, плантаже почв, на болотах, по взрыванию льда;

подводные взрывные работы; по дроблению горячих массивов, дроблению металлов и металлических конструкций;

по обработке металлов; при валке зданий, сооружений и дроблении фундаментов;

при корчевке пней, валке леса, рыхлении смерзшихся дров и лесославы;

при борьбе с лесными пожарами; по рыхлению слежавшейся соли; смерзшихся руды, угля; металлургической стружки;

специального назначения; связанные с использованием ВМ в научно-исследовательских и учебных целях.

К профессии взрывника (мастера-взрывника) предъявляются довольно высокие квалификационные требования на уровне IV—V разрядов. Характер работы — от простой и средней сложности (заряжание и взрывание шпуровых, скважинных и других зарядов на земной поверхности и в подземных горных выработках) до сложной (заряжание и взрывание шпуровых зарядов при проходке стволов шахт и других объектов вблизи действующих сооружений и в кессонах).

Знания и умение взрывников и мастеров-взрывников определяются квалификационной характеристикой, видом и характером взрывных работ в соответствующих отраслях народного хозяйства.

Подготовка взрывников (мастеров-взрывников) осуществляется на курсах с отрывом от производства по программам, разработанным и утвержденным в установленном порядке министерствами и ведомствами по согласованию с Госгортехнадзором СССР. Программы предусматривают различные сроки обучения, но не превышающие 6 мес.

После обучения лица, успешно сдавшие экзамены в квалифика-

ционной комиссии под председательством работника органов госгортехнадзора и получившие Единую книжку взрывника (мастера-взрывника), допускаются к самостоятельной работе по профессии после месячной стажировки под руководством опытного взрывника (мастера-взрывника).

Лица, имеющие право руководства взрывными работами, могут быть допущены к самостоятельному производству таких работ также только после сдачи экзаменов, получения соответствующей Единой книжки и месячного стажирования. Обучаться на курсах с отрывом от производства этим работникам не обязательно.

Взрывники (мастера-взрывники) допускаются к механизированному заряжанию после дополнительного обучения по соответствующим программам, сдачи экзаменов в установленном порядке и внесения специальной записи в Единую книжку.

Каждые два года взрывники (мастера-взрывники) должны проходить переподготовку и проверку знаний в комиссии предприятия (организации), представителем которой назначается работник органов госгортехнадзора.

Указанная проверка может производиться и во внеочередном порядке при нарушении взрывником (мастером-взрывником) установленных требований по технологии или безопасности работ. В таких случаях до проверки взрывник (мастер-взрывник) отстраняется от производства взрывных работ. Если он не выдержит экзамен, то лишается Единой книжки взрывника (мастера-взрывника).

При переводе взрывников и мастеров-взрывников с одного вида взрывных работ на другой они обязаны пройти переподготовку и сдать дополнительные экзамены в квалификационной комиссии, которая делает отметку в удостоверении о праве на выполнение соответствующих работ.

При переводе на шахту, опасную по газу или пыли, мастер-взрывник после сдачи экзаменов обязан пройти двухнедельную стажировку под руководством опытного мастера-взрывника.

Взрывники при переводе с одного вида работ на другой, как правило, проходят деканное стажирование.

При производстве взрывных работ двумя и более взрывниками (мастерами-взрывниками) в пределах одной опасной зоны из их числа должен быть назначен старший, которым может быть рабочий со стажем работы по профессии не менее одного года. Назначение старшего взрывника (мастера-взрывника) оформляется записью в наряд-путевке. В тех случаях, когда руководство взрыванием непосредственно осуществляется лицом технического надзора, назначение старшего взрывника (мастера-взрывника) не обязательно.

В помощь взрывникам (мастерам-взрывникам) при выполнении

некоторых вспомогательных операций при подготовке взрывов могут выделяться проинструктированные рабочие. К числу таких операций относятся: доставка, подноска ВВ от склада ВМ или другого места их хранения к забоям, охрана ВВ, оказание помощи при ликвидации электрического инициирования с применением ЭД, охрана подходов к опасным зонам.

В угольной промышленности, где преимущественно применяется электрическое инициирование, регламентированы операции, которые можно поручать помощникам мастеров-взрывников, порядок их допуска к этой работе. Такие помощники в очистных и подготовительных забоях, а также в забоях вертикальных стволов шахт могут выделяться из числа наиболее опытных рабочих, сдавших экзамены квалификационной комиссии по согласованной с местными органами Госгортехнадзора программе и получивших удостоверение на право участия в заряджании шпуров и монтаже взрывной сети под непосредственным контролем мастера-взрывника. При этом к наиболее опытным рабочим относятся трудящиеся, имеющие стаж работы на подземных очистных и подготовительных участках, а также в забоях вертикальных стволов не менее одного года. Допуск таких рабочих к работе по оказанию помощи мастерам-взрывникам должен оформляться приказом по предприятию.

Помощники мастеру-взрывнику выделяются исходя из нормативов, приведенных в табл. 4.1.

Число помощников в забоях вертикальных стволов должно приниматься в соответствии с Инструкцией по безопасному ведению взрывных работ при проходке вертикальных стволов на шахтах, опасных по газу или пыли, с использованием взрывных приборов.

Помощникам мастера-взрывника разрешается подносить патроны ВВ к забоям, осуществлять их раскладку и досылку в шпур (кроме патронов-боевиков), подачу мастеру-взрывнику патронов, в том числе патронов-боевиков, концевых проводов ЭД при монтаже электровзрывной сети, а также заполнение ампул гидрозайки и полиэтиленовых мешков водой, подпоску, изготовление и подачу материала для внутренней забойки шпуров, производство забойки.

Таблица 4.1

Рекомендуемое число помощников для выполнения взрывных работ

Число помощников	Число шпуров	Площадь сечения выработки, м ²
1	<30	<11
2	31—60	11—20
3	>60	>20

Не допускается использование персонала, имеющего при себе ВМ, на посторонних работах, не связанных с производством взрывов.

Персонал для производства взрывных работ обязан соблюдать относящиеся к его работе требования правил и инструкций и несет ответственность за их нарушения согласно правилам внутреннего трудового распорядка, Единым правилам безопасности при взрывных работах, а также в соответствии с установленным законом порядком.

В установленном порядке у взрывников (мастеров-взрывников) и у выделяемых им в помощь рабочих непосредственно на рабочих местах может проводиться проверка знаний инструкций по технике безопасности при взрывных работах, паспортов буровзрывных работ и других технологических документов по взрывному делу по вопросам, входящим в их компетенцию. Лица, не проявившие необходимые знания, подлежат отстранению от работы.

За нарушение требований по безопасности взрывных работ или сохранности ВМ у взрывников (мастеров-взрывников) в порядке, определенном Едиными правилами безопасности при взрывных работах, могут быть изъяты отдельные талоны из Единой книжки взрывника (мастера-взрывника) или непосредственно квалификационное удостоверение. При изъятии последнего талона или Единой книжки взрывника (мастера-взрывника) он лишается права производства взрывных работ.

4.3. ПЕРСОНАЛ ДЛЯ РУКОВОДСТВА ВЗРЫВНЫМИ РАБОТАМИ

К руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие законченное горнотехническое образование или окончившие специальные учебные заведения или курсы, дающие право технического руководства (ответственного ведения) горными и взрывными работами. Эти лица, кроме соответствующего диплома или удостоверения, должны также иметь Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

Студенты высших и средних специальных учебных заведений, а также слушатели специальных курсов по подготовке специалистов на право руководства взрывными работами могут получить Единую книжку взрывника (мастера-взрывника) после обучения по программам, утвержденным в установленном порядке министерствами по согласованию с Госгортехнадзором СССР, и сдачи соответствующих экзаменов.

Различают право руководства взрывными работами по всем видам работ, перечисленным в подразделе 4.2, или только по своей специальности. Пер-

вое, как правило, предоставляется лицам, окончившим институты по специальностям с присвоением квалификации горного инженера, горного инженера-маркшейдера или горного инженера-физика.

Подробный перечень специальностей, обучение которым в высших и средних учебных заведениях дает право на руководство взрывными работами, содержится в Указаниях о порядке допуска к руководству горными и взрывными работами на предприятиях, в организациях и на объектах, подконтрольных Госгортехнадзору СССР (утверждены Госгортехнадзором СССР от 6 марта 1979 г.).

Согласно установленному порядку, законченное горнотехническое образование (высшее или среднее), дающее право руководства взрывными работами, должны иметь:

а) на шахтах, рудниках, приисках, карьерах, разрезах, объектах подземного гидротехнического строительства и других:

директора (начальники) предприятий (объектов), их заместители и помощники по производству и капитальному (промышленному) строительству, главные инженеры (техноруки), заместители и помощники главных инженеров, начальники производственных и технических отделов и их заместители, главные маркшейдеры, главные геологи, главные механики (энергетики) и их помощники, маркшейдеры, геологи, начальники участков (цехов), их помощники и заместители, начальники участков или служб буровзрывных работ, начальники участков вентиляции и техники безопасности (ВТБ) и их заместители и помощники, начальники участков профилактических работ по технике безопасности и их заместители, начальники участков горно-капитальных работ и их заместители, инженеры по технике безопасности, начальники смен, механики участков, горные мастера, горные диспетчеры, начальники проходки и их заместители, командиры горноспасательных отрядов и взводов, их заместители и помощники, инженеры-исследователи и инженеры (техники) по внедрению новой горной техники и технологии;

б) в геологических и геофизических организациях: управляющие (начальники) и их заместители по взрывным работам, главные инженеры и их заместители, главные геологи и их заместители, старшие геологи (геофизики), старшие инженеры и инженеры по взрывным работам, начальники участков и их заместители, начальники смен, горные мастера, операторы-геофизики, руководители и инженеры служб по технике безопасности, инженеры и техники-маркшейдеры, геологи и геофизики, начальники производственно-технических отделов и их заместители;

в) в научно-исследовательских организациях и учебных заведениях:

заместители руководителей организаций или заместители главных инженеров по взрывным работам, руководители соответствующ-

щих лабораторий и их заместители, руководители групп (тем), старшие инженеры и инженеры (техники), начальники производственно-технических и технологических отделов.

Лицам, окончившим высшие учебные заведения по специальностям, связанным с разработкой и применением ВВ и ВМ, а также с исследованием быстротекущих процессов, предоставляется право руководства взрывными работами только при выполнении работ по своей специальности;

г) при производстве взрывных работ подрядным способом: управляющие специализированными трестами, главные инженеры трестов, главные технологи, начальники производственно-технических отделов и их заместители, начальники специализированных управлений и их заместители, начальники участков и их заместители, главные инженеры и начальники производственно-технических отделов спецуправлений, инженеры по технике безопасности, старшие прорабы, прорабы и мастера.

Лица, окончившие курсы по подготовке специалистов-практиков на право руководства горными и взрывными работами, организованные в соответствии с Положением, утвержденным Министерством высшего образования СССР 14 декабря 1955 г., или курсы, действовавшие до этого положения, имеют право руководства горными и взрывными работами и могут занимать должности (кроме предприятий Минуглепрома СССР):

а) на шахтах, рудниках, карьерах, разрезах, приисках, объектах подземного гидротехнического строительства и драгах — начальников участков, их заместителей и помощников, механиков участков и служб, начальников смен, горных мастеров, горных мастеров пылевентиляционной службы, мастеров спецуправлений, если это не противоречит действующим правилам безопасности;

б) в геологических и геофизических трестах, экспедициях, партиях и отрядах — горных мастеров, прорабов горных работ, операторов-геофизиков, заведующих складами ВМ.

Законченное горнотехническое образование (высшее или среднее) или образование в объеме курсов на право руководства взрывными работами на объектах негорного характера (на строительстве, при обработке металла взрывом, корчевке пней и т. п.) должны иметь: начальники цехов (участков) по производству взрывных работ и их заместители, старшие прорабы, прорабы, начальники смен, старшие мастера, мастера, непосредственно руководящие взрывными работами.

Инженеры и техники, закончившие учебные заведения по специальностям негорного профиля, допускаются к руководству взрывными работами в научно-исследовательских организациях и учеб-

ных заведениях (работы научного, учебного и прикладного характера) только после дополнительного обучения на специальных курсах с отрывом от производства по учебным планам в объеме не менее 100 ч и по программам, утвержденным министерством (ведомством), и сдачи экзамена специальной комиссии с участием представителя органов госгортехнадзора.

Лицам, окончившим высшие учебные заведения по специальности «горные машины и комплексы, электрификация и автоматизация горных работ» и проработавшим на шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, не менее двух лет, право руководства взрывными работами на таких рудниках и шахтах предоставляется только после дополнительного обучения на курсах при соответствующих институтах или техникумах или курсах повышения квалификации, организованных в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 6 июня 1967 г. № 515, по учебному плану, утвержденному Госгортехнадзором СССР. Перед занятием указанными лицами инженерно-технических должностей на шахтах, рудниках, опасных по газу или пыли, они должны сдать экзамен специальной комиссии.

Конкретные обязанности руководителя взрывных работ определяются его должностной инструкцией, составленной в соответствии с отраслевым Положением о руководстве взрывными работами, введенным министерством (ведомством) по согласованию с Госгортехнадзором СССР.

Дисциплина руководителей взрывных работ регулируется правилами внутреннего трудового распорядка, а при работах в подземных выработках — Уставом о дисциплине работников, занятых на работах в особо опасных подземных условиях (утвержден Постановлением Совета Министров СССР от 30 ноября 1976 г. № 974).

Руководители взрывных работ проходят медицинские осмотры при поступлении на работу и периодически наравне с другими инженерно-техническими работниками предприятий (организаций).

Существующие руководство взрывными работами руководящие и инженерно-технические работники промышленных и производственных объединений, предприятий и организаций, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, а также инженерно-технические работники соответствующих министерств обязаны не реже одного раза в три года проходить проверку знаний правил, норм и инструкций по безопасности взрывных работ. При необходимости экзамены на знание нормативных документов по безопасности взрывных работ сдают также руководители и инженерно-технические работники научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, подконтрольных органам госгортехнадзора. Проверка знаний (экзамены) может совмещаться с проверками знаний других нормативных документов

по технике безопасности. Дополнительная или внеочередная проверка знаний правил, норм и инструкций по безопасности взрывных работ руководящими и инженерно-техническими работниками проводится:

при вводе новых или переработанных правил и инструкций по взрывному делу;

при назначении впервые на работу в качестве лица технического надзора, обязанного иметь право руководства взрывными работами, или при переводе соответствующего инженерно-технического работника на должность, требующую знаний по безопасности взрывных работ;

по требованию работников системы Госгортехнадзора СССР или вышестоящих хозяйственных организаций и технических инспекций труда в случаях, когда будет установлено недостаточное знание инженерно-техническими работниками правил, норм и инструкций по безопасности взрывных работ.

Прием экзаменов осуществляется постоянно действующими комиссиями.

Перечень правил, норм и инструкций по безопасности взрывных работ, знание которых подлежит проверке, утверждается в порядке, установленном министерствами и ведомствами. Проверка знаний по безопасности взрывных работ у руководящих и инженерно-технических работников производится по тем документам, соблюдение требований которых входит в их служебные обязанности.

Лицо, не сдавшее экзамена по безопасности взрывных работ, может быть оставлено в занимаемой должности руководителя предприятия, организации или учреждения при условии сдачи экзамена повторно в срок не позднее 3 мес.

Общие положения по проверке знаний требований по безопасности работ содержатся в Типовом положении о порядке проверки знаний правил, норм и инструкций по технике безопасности руководящими и инженерно-техническими работниками (утверждено Госгортехнадзором СССР 22 ноября 1968 г.).

Руководители взрывных работ на предприятиях и в организациях, а также инженерно-технические работники проектных, конструкторских, исследовательских и других учреждений, работающие в области взрывного дела и виновные в нарушении установленного порядка хранения, учета и использования ВМ, несут за это личную ответственность. Выдача руководителями взрывных работ указаний или распоряжений, принуждающих подчиненных нарушать требования нормативных документов по взрывному делу, самовольное возобновление взрывных работ, остановленных органами госгортехнадзора или инспекцией охраны труда, а также непринятие мер по устранению нарушений правил по безопасному ведению взрывных

работ или обеспечению сохранности ВМ, являются грубейшими проступками. За эти проступки лица, имеющие право руководства взрывными работами, несут ответственность в дисциплинарном, административном или судебном порядке.

4.4. ПЕРСОНАЛ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СКЛАДОВ ВМ

К персоналу для обслуживания складов ВМ относятся заведующие складами ВМ, а также раздатчики (кладовщики, доставщики), лаборанты, взрывники (мастера-взрывники) и рабочие складов ВМ.

Заведущий складом ВМ — инженерно-технический работник. На эту должность должны назначаться лица, имеющие право руководства взрывными работами или окончившие высшие (средние) специальные учебные заведения по специальностям, связанным с технологией изготовления ВВ. Обязанности заведующего складом ВМ определяются его должностной инструкцией, составленной с учетом требований отраслевого Положения о руководстве взрывными работами.

На крупных предприятиях (в производственных объединениях, комбинатах и т. п.) отдельные склады ВМ в качестве производственных единиц входят в состав баз управлений (отделов) материально-технического снабжения. В таких случаях на соответствующих руководителях баз или их отделений распространяются квалификационные требования, предъявляемые к заведующим складами ВМ.

Обязанности заведующего складом ВМ могут возлагаться по совместительству на лицо технического надзора, имеющее право руководства взрывными работами. Как правило, такое должностное лицо не должно выполнять обязанности, связанные с подписанием наряд-путевок взрывникам (мастерам-взрывникам).

В зависимости от характера и объемов складских операций заведующими складами ВМ также могут назначаться лица, имеющие право производства взрывных работ, прошедшие дополнительную подготовку по специальной программе и получившие соответствующее удостоверение после сдачи экзаменов в квалификационной комиссии предприятия. В геофизических организациях заведующие зарядными мастерскими могут быть поручены взрывнику, имеющему стаж работы по взрывному делу в промышленной геофизике не менее одного года. На передвижных складах ВМ обязанности заведующего складом могут по совместительству возлагаться на лицо охраны, шофера или других лиц, прошедших подготовку по программе для заведующих складами ВМ.

Взрывники (мастера-взрывники), проводящие взрывные работы, не вправе выполнять обязанности заведующего складом ВМ.

Раздатчиками и лаборантами складов ВМ мо

гут назначаться лица, прошедшие специальную подготовку по программе для заведующих складами ВМ, так же как и завскладами, получившие соответствующее удостоверение.

Квалификационные требования к указанным лицам, вид и время обучения, образовательный ценз определяются программами, утвержденными в установленном порядке министерствами и ведомствами по согласованию с Госгортехнадзором СССР. Программы обычно предусматривают обучение с отрывом от производства до 2 мес. При этом время, отведенное для изучения тем «Взрывчатые вещества и средства инициирования», «Хранение, учет, транспортирование, выдача ВМ», «Испытание и уничтожение взрывчатых материалов», составляет около 140 ч.

Так же как и взрывники (мастера-взрывники), заведующие складами ВМ, зарядными мастерами, раздатчиками и лаборантами складов подвергаются обязательным предварительным при поступлении на работу и периодическим медицинским осмотрам, в том числе с участием терапевта-психиатра.

Взрывники (мастера-взрывники) складов ВМ должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к этой категории трудящихся (см. подраздел 4.2).

Рабочие складов ВМ выполняют вспомогательные операции по погрузке-разгрузке и транспортированию ВМ, в том числе с использованием соответствующих машин и механизмов. Им также может поручаться другая работа.

Персонал для обслуживания складов ВМ должен быть обучен и систематически, в том числе при поступлении на работу, обязательно получать инструктаж по безопасным методам работы, а также о свойствах и особенностях перерабатываемых ВМ. Всем рабочим должны быть выданы на руки инструкции по безопасным методам работ по их профессиям.

Следует иметь в виду, что выполнение полигонных испытаний ВМ может осуществляться взрывниками только под руководством заведующего складом ВМ.

Персонал для обслуживания складов ВМ обязан соблюдать требования по хранению, учету, транспортированию, испытаниям и уничтожению ВМ и не несет ответственность за их нарушения в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка, а также уголовными кодексами союзных республик.

4.5. ПОЛУЧЕНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВО ВЗРЫВНЫХ РАБОТ, ХРАНЕНИЕ, ПРИОБРЕТЕНИЕ И ПЕРЕВОЗКУ ВМ

Каждое предприятие (организация), осуществляющее взрывные работы, должно иметь разрешение на право их произ-

водства. При выполнении исследовательских или учебных работ с ВМ организация должна иметь разрешение на право работы с ними. Для получения таких разрешений руководитель предприятия подает заявление местному органу госгортехнадзора или горно-технической инспекции министерства по установленной форме.

Разрешения на право производства взрывных работ и работ с ВМ выдаются на определенный срок, по истечении которого они подлежат возврату в выдавшую их организацию. При смене руководителя взрывных работ с ВМ разрешение должно быть заменено.

Предприятие, осуществляющее хранение ВМ, обязано иметь разрешение местного органа внутренних дел на право их хранения в складах, на площадках, в сейфах и в любых других хранилищах. Для получения такого разрешения руководитель предприятия направляет местному органу внутренних дел заявление с копией акта комиссии о приемке в эксплуатацию объекта, на котором будет осуществляться хранение ВМ.

Разрешение на право хранения ВМ выдается с указанием срока действия, но не более чем на три года.

Для приобретения ВМ предприятие, должно получить разрешение в местном органе внутренних дел. Разрешение на право приобретения ВМ выдается на основании заявления руководителя предприятия и представленного свидетельства на приобретение ВМ. В свою очередь, свидетельство на приобретение ВМ оформляет местный орган госгортехнадзора или горнотехнической инспекции министерства, куда руководитель предприятия обязан заранее направить соответствующее заявление по установленной форме. Свидетельство действительно в течение 6 мес. со дня выдачи, после чего оно теряет силу и подлежит возврату в выдавшую организацию.

Научно-исследовательские институты, лаборатории и учебные заведения, использующие ВМ (изделия со взрывчатыми веществами), на применение которых не оформлено журнальных постановлений Госгортехнадзора СССР, получают в соответствующем органе внутренних дел разрешение на приобретение необходимых ВМ без оформления свидетельства на их приобретение от местного органа госгортехнадзора или горнотехнической инспекции министерства.

В ряде случаев на перевозку ВМ предприятием необходимо получать разрешение местных органов внутренних дел. К таким случаям относится транспортирование ВМ собственным транспортом предприятия или принадлежащим тому же министерству (ведомству) железнодорожным, водным, воздушным транспортом, ручной кладью в транспортных средствах МПС, Минморфлота или Минречфлота союзной республики, МГА.

Кроме того, разрешения на перевозку полагаются оформлять при доставке ВМ автомобильным, гужевым транспортом и выюками с завода-изготовителя, со склада одного предприятия на склад другого предприятия различных министерств и ведомств, независимо от территориального расположения, а также со склада на склад одного и того же предприятия, расположенных на территориях разных областей, краев, республик.

Разрешения выдаются предприятиям на основании заявлений и предъявленных копий свидетельств на приобретение ВМ, оформленных в местных органах госгортехнадзора или горнотехнических инспекций министерств.

Если ВМ доставляются с одного склада на другой, принадлежащий тому же предприятию, или от складов к местам производства взрывных работ за пределы области, края, республики, не имеющей областного деления, то в органах внутренних дел также нужно получить соответствующее разрешение. Такие разрешения полагаются оформлять и в случаях доставки к местам испытаний новых ВМ (изделий со взрывчатыми веществами), на применение которых нет журнальных постановлений Госгортехнадзора СССР, когда такая перевозка производится на территорию других областей, краев, республик. Однако при этом представлять свидетельства на приобретение ВМ в местный орган внутренних дел нет необходимости.

Разрешения на перевозку ВМ во всех случаях выдаются на срок до 6 мес.

4.6. КЛАССИФИКАЦИИ ВМ ПО ОПАСНОСТИ В ОБРАЩЕНИИ И УСЛОВИЯМ ПРИМЕНЕНИЯ

Практикой взрывного дела выработаны различные классификации ВМ в зависимости от решаемых задач. Некоторые из них получили отражение в нормативных документах: ГОСТах, ОСТах, Единых правилах безопасности при взрывных работах, Правилах перевозки взрывчатых материалов и в соответствующих международных актах.

Основными принято считать классификации:

по степени опасности обращения при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных операциях;

по условиям применения на взрывных работах в народном хозяйстве (см. табл. 2.1).

Показатели этих классификаций в обязательном порядке приводятся в журнальных постановлениях Госгортехнадзора СССР о допуске ВВ, СИ и ПВА к испытаниям или постоянному применению.

По степени опасности обращения при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных операциях, согласно ГОСТ 19433—81, все ВМ относятся к первому классу опасных грузов. С этой точки зрения к промышленным ВМ относятся:

ВВ, а также изделия с ними или из них, которые способны к химической реакции с выделением газов с такой интенсивностью, температурой и давлением, что это вызывает повреждение окружающих предметов (за исключением тех изделий, преимущественный вид опасности которых соответствует другому классу);

одно или несколько ВВ, а также устройства с ними или из них в таких количествах и с такими свойствами, что их случайное воспламенение или инициирование в процессе хранения, транспортирования и погрузочно-разгрузочных операций приведет к взрыву (разбрасыванию состава) или проявлениям огня, дыма, тепла, звукового эффекта вне упаковки;

пиротехнические вещества, изделия с ними или из них, предназначенные для производства внешних эффектов (огня, звука и т. д.) в результате недетонирующих экзотермических реакций.

Перечисленные ВМ принято объединять в группы и обозначать индексами, характеризующими совместимость при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных операциях, так называемые «группы совместимости»:

A — первичные (инициирующие) ВВ;

B — изделия, содержащие инициирующие ВВ;

C — метательные и другие сгорающие ВВ или содержащие их изделия;

D — детонирующие ВВ, дымный порох или изделия, содержащие детонирующие ВВ, без средств инициирования и метательных зарядов;

E — изделия, содержащие детонирующие ВВ без средств инициирования, но с метательным зарядом;

F — изделия, содержащие детонирующие ВВ, средства инициирования и метательные заряды или без метательных зарядов;

G — пиротехнические вещества или изделия, их содержащие, а также изделия, содержащие как ВВ, так и осветительные вещества.

Подклассы копкренных ВВ, СИ и ПАВ и группы совместимости по требованию Госгортехнадзора СССР с 1984 г. в обязательном порядке указываются в стандартах и технических условиях на соответствующие ВМ. Наиболее полно эти показатели приведены в Правилах перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом.

ВМ, относящиеся к разным подклассам, но к одной группе совместимости, могут совместно храниться, перевозиться и перераба-

тываться при погрузочно-разгрузочных операциях, что предусмотрено Единными правилами безопасности при взрывных работах.

Согласно Инструкции о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов, по условиям хранения все промышленные ВМ объединены в следующие группы совместимости:

B — капсули-детонаторы, электродетонаторы (кроме высоковольтных), пиротехнические реле;

C — пороха и изделия, их содержащие, огнестойкий шнур, средства зажигания огнестойкого шнура и пороха, сигнальные и пороховые патроны;

D — взрывчатые вещества, содержащие жидкие нитроэфир и не содержащие их (порошкообразные — рассыпные, шланговые и патронированные; гранулированные, допущенные к механизированному растариванию и заряданию; листовые и шнуровые; пластичные и водосодержащие); изделия, содержащие ВВ без средств инициирования и (или) метательных зарядов; тротил и сплавы его с другими нитросоединениями; гексоген; ТЭН; тетрил; детонирующие шнуры; высоковольтные электродетонаторы;

F — снаряженные взрывчатыми веществами торпеды, стрелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и средства инициирования.

При этом допускается хранение огнестойкого шнура, средств зажигания его и пороха, а также сигнальных патронов совместно с ВМ групп B и D; детонирующего шнура и электродетонаторов высоковольтных соответственно совместно с ВМ группы B.

5. СКЛАДЫ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, УНИЧТОЖЕНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СКЛАДОВ ВМ

Складом ВМ принято называть специально оборудованное для хранения ВВ, СИ и (или) ПВА место с комплексом соответствующих помещений, зданий, сооружений и площадок. Под термином «склад ВМ» на земной поверхности понимается одно или несколько хранилищ с подсобными сооружениями, расположенными на общей огражденной территории с прилегающей запретной зоной. В подземных условиях склад ВМ обычно представляет собой комплекс горных выработок, в том числе камер и (или) ячеек, предназначенных для размещения ВМ, а также подводящих к складу выработок и вспомогательных камер.

Хранилища складов ВМ относительно земной поверхности разделяются на поверхностные, полуглубленные, углубленные и подземные. К поверхностным относят склады, основания хранилищ которых расположены на уровне поверхности земли; к полуглубленным — такие склады, у которых здания хранилищ углублены в землю не более чем на карниз; к углубленным — когда толща грунта над хранилищем составляет менее 15 м и к подземным — склады, у которых толща горных пород над хранилищами превышает 15 м.

В зависимости от времени эксплуатации склады могут быть постоянными — со сроком службы более трех лет, временными — до трех лет и кратковременными — до одного года, считая эти сроки с даты заезда ВМ.

По назначению склады ВМ делятся на базисные и расходные. Базисные склады предназначены для снабжения ВМ расходных складов. Расходные склады используются для раздачи ВМ. Разновидностью расходных складов являются раздаточные камеры, участковые пункты хранения ВМ, помещения (подземные выработки) с сейфами или металлическими ящиками, зарядные будки при проходке шахтных стволов, площадки для хранения ВМ, в том числе в контейнерах.

Расходные склады ВМ могут быть как стационарными, так и передвижными (на базе автомобиля или трактора, а также прицепов к ним и др.).

Для поверхностных и полуглубленных складов ВМ требуются:
1) лаборатория и полигон для испытаний ВМ (для постоянных расходных, временных и кратковременных расходных складов ВМ — при условии, что ВМ поступают с заводов-изготовителей);

2) телефонная связь;

3) охрана;

4) освещение (для базисных и постоянных расходных складов ВМ — рабочее и аварийное, для временных расходных и кратковременных расходных складов ВМ — только рабочее);

5) молниезащита (для кратковременных расходных складов ВМ — необязательна);

6) определять расстояния, сейсмически безопасные в отношении хранилищ с ВМ при ведении взрывных работ, безопасные по действию ударной воздушной волны на объекты вне склада при взрыве зарядов в хранилищах.

Противопожарные средства для поверхностных и полуглубленных складов ВМ выбираются с учетом конкретных условий по согласованию с органами госпожнадзора.

В ряде случаев осуществляется обваловка хранилищ.

Некоторые основные требования к складам ВМ приведены ниже.

Основные требования к оборудованию поверхностных и полуглубленных складов ВМ

Тип склада	Базисный	Постоянный расходный	Временный расходный	Кратковременный расходный
Запретная зона, м	50	50	50	50
Высота ограды, не менее, м	2	2	2	1,5
Расстояние от ограды, м, не менее:				
до ближайшей стены хранилища	40	40	40	20
до караульного помещения	50	50	50	15
до места для хранения тары (упаковки) ВМ	25	25	25	25
Вырубка хвойного леса от ограды на расстоянии, м	50	50	50	Не обязательна

Независимо от конструкции, срока службы и назначения все склады ВМ должны быть построены по проектам, приняты комиссиями и зарегистрированы в местном органе госгортехнадзора. В том случае, если проектом предусматриваются решения по вопросам, не предусмотренным требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах, на это в установленном порядке должно быть получено согласие Госгортехнадзора СССР.

На каждый постоянный и временный склад ВМ должен быть оформлен паспорт по установленной форме.

5.2. БАЗИСНЫЕ СКЛАДЫ

Базисные склады ВМ размещаются, как правило, на земной поверхности (рис. 5.1). Поэтому их хранилища обычно оборудуются поверхкостными или полуглубленными. Температура воздуха в хранилищах не должна превышать 30 °С. При контейнерном хранении ВВ на территории складов строятся специальные площадки (рис. 5.2).

На территории базисного склада могут располагаться следующие здания и сооружения: хранилища ВВ, СИ и ПВА; контейнерные площадки и площадки для кратковременного хранения ВВ; водоемы и помещения для противопожарного оборудования; караульные вышки; вспомогательные помещения (будки для сторожевых собак, санузлы и т. п.).

Лаборатория и полигон могут размещаться как на общеогражденной территории склада, так и за его пределами, причем полигон во всех случаях — не ближе 200 м от хранилищ (площадок). Хранилища базисных складов ВМ, как правило, выполняются из нестругаемых материалов.

Ограда склада может оборудоваться специальной сигнализацией в соответствии с проектом. Оснащать охранной сигнализацией хранилища ВМ допускается только согласно техническим решениям, одобренным институтом по безопасности работ и согласованным с Госгортехнадзором СССР.

В тех случаях, когда невозможно осуществить прокладку желез-

Рис. 5.1. Схема хранения и расходных складов ВМ предприятия, специализированного на взрывных работах (I и II — соответственно базисный и расходный склады ВМ; III — вспомогательные службы):

1 — хранилища ВВ или контейнерные площадки; 2 — хранилища СИ; 3 — будка для хранения инструмента; 4 — противопожарный резервуар с водой; 5 — туалет; 6 — пункт механизированной подготовки ВВ; 7 — зарядная пункта механизированной подготовки ВВ; 8 — здание подготовки ВМ; 9 — насосная; 10 — противопожарный резервуар с водой; 11 — караульная вышка; 12 — хранилище ВВ или контейнерная площадка; 13 — контрольно-пропускной пункт; 14 — досмотровая площадка; 15 — автомобильные весы; 16 — караульное помещение; 17 — автомобильные ворота; 18 — железнодорожные ворота; 19 — административно-бытовой комбинат; 20 — вспомогательное помещение; 21 — гараж для зарядных машин; 22 — ремонтно-механические мастерские; 23 — депо для тепловозов; 24 — трансформаторная подстанция; 25 — аварийная дизельная электростанция; 26 — зарядная станция; 27 — помещения для складирования тары из-под ВМ; 28 — насосная с противопожарными резервуарами; 29 — площадка; 30 — пункт сжигания отходов; 31 — угольный склад; 32 — склада горюче-смазочных материалов; 33 — лаборатория; 34 — молниезащита; 35 — обваловка хранилища; 36 — полигон для испытаний ВМ; 37 — двойное ограждение из колючей проволоки; 38 — охранная сигнализация; 39 — охранное освещение; 40 — асфальтобетонная дорога

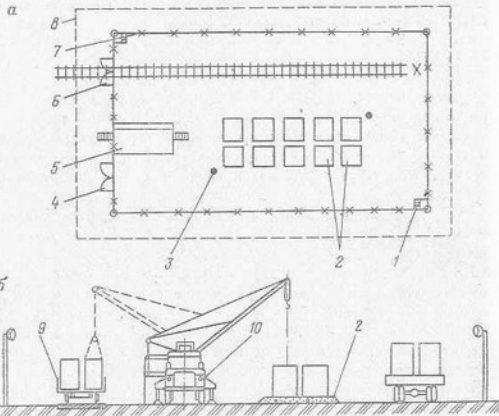


Рис. 5.2. План (а) прирельсовой погрузочно-разгрузочной контейнерной площадки и схема (б) разгрузки контейнера:
1 — каральная вышка с прожектором; 2 — контейнерная площадка; 3 — молниевод; 4 — автомобильные ворота; 5 — контрольно-пропускной пункт; 6 — железнодорожные ворота; 7 — ограда из колючей проволоки; 8 — запретная зона; 9 — железнодорожная платформа с контейнерами; 10 — автомобильный кран

ной дороги до хранилища базисного склада или на склад, при нем строится прирельсовая (разгрузочная) площадка.

Прирельсовая площадка должна отвечать следующим требованиям:

размещаться на расстоянии не менее 125 м от жилых и производственных зданий, территорий тяговых подстанций, грузовых складов, общих мест погрузки, выгрузки и хранения грузов и от места слива опасных жидких грузов; не менее 200 м от места налива опасных жидких грузов и 50 м — главных станционных путей;

иметь ограду из колючей проволоки в 10—12 ниток высотой не менее 2 м. Расстояние от ограды до места стоянки вагона с ВМ должно быть не менее 15 м;

оборудоваться достаточным электрическим освещением (прожекторами);

иметь каральное помещение для лиц охраны, расположенное

не ближе 50 м от места разгрузки ВМ. Размеры помещения определять по согласованию с органами милиции;

иметь средства пожаротушения, номенклатура и количество которых определяются по согласованию с органами госпожнадзора; оборудоваться постоянной телефонной связью с железнодорожной станцией, администрацией предприятия, местными органами внутренних дел, пожарной охраны.

При механизированной переработке ВМ, в том числе с применением электропогрузчиков или автопогрузчиков, на территории, примыкающей к базисному складу, в соответствии с проектом, утвержденным по согласованию с Госгортехнадзором СССР, могут размещаться зарядная станция электропогрузчиков; гаражи для погрузчиков и зарядных машин, вспомогательного оборудования; ремонтные мастерские; административно-бытовой комбинат и в необходимых случаях котельная. На взаимобезопасном по передаче детонации расстоянии от ближайшего хранилища на территории, примыкающей к базисному складу, или на территории расходуемого склада ВМ может располагаться пункт механизированной подготовки ВВ.

При контейнерном хранении ВВ на базисных складах по соответствующему проекту может быть оборудовано крановое хозяйство или предусмотрено использование автомобильных кранов, автопогрузчиков и тягачей.

Контейнерные площадки обычно сооружаются в виде двухъярусных конструкций. Высота подсыпки нижнего яруса непосредственно над уровнем естественного рельефа для Закавказья, Кавказа, Средней Азии, Казахстана составляет 0,5 м, для центральных районов, Урала — 0,7 м, для Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока — 1 м.

Верхний ярус выполняется по одному из следующих вариантов: щебеночное основание высотой 12 см с покрытием бетоном марки 250 — 18 см;

щебеночное основание 12 см, песчано-гравийная смесь 13 см с покрытием асфальтобетоном 5 см;

лаги из лиственницы зимней рубки диаметром 18 см через 1,0 м с покрытием из досок толщиной 5 см с зазором до 5 мм (этот вариант может быть принят по согласованию с местными органами госгортехнадзора).

Места размещения, конструкции и число перечисленных объектов определяются проектом в соответствии с нормативами, установленными Едиными правилами безопасности при взрывных работах, СНиПами, инструкциями, ведомственными типовыми решениями и схемами комплексной механизации, согласованными с Госгортехнадзором СССР (горнотехническими инспекциями министерств),

Общая вместимость базисного склада ВМ не ограничивается. Вместимость (в тоннах) отдельных хранилищ складов ВМ в зависимости от типа ВВ и СИ приведена ниже.

Капсюли-детонаторы, электродетонаторы (кроме высоковольтных), пиротехнические реле типа КЗДШ (масса брутто)	120	
Пороха (масса нетто) и изделия, их содержащие (масса брутто)	120	
Огнепроводный шнур, средства зажигания ОШ и пороха, сигнальные и пороховые патроны	Не ограничивается	
Взрывчатые вещества с содержанием жидких нитроэфиров более 15 %, нефлематизированный гексоген, ТЭН, тетрил (масса нетто)	60	
Детонирующий шнур, электродетонаторы высоковольтные (масса брутто)	120	
Взрывчатые вещества с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15 %; тротил и сказы его с другими нитросоединениями; флегматизированный гексоген; взрывчатые вещества, не содержащие жидких нитроэфиров: порошкообразные, рассыпные, патронированные, листовые, шнуровые, шланговые, а также пластичные и водосодержащие (масса нетто) изделия, содержащие ВВ, без средств иницирования и (или) металлических зарядов (масса брутто)	240	
Россыпные гранулированные ВВ, допущенные Госгортехнадзором СССР к механизированному растариванию и заряданию механизированным способом (масса нетто)	420	
Снаряженные взрывчатыми веществами торпеды, прострелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и средства иницирования (масса брутто)	120	

Примечание. При хранении в одном хранилище ВМ группы D общая вместимость этого хранилища должна быть принята не более установленной вместимости для наиболее опасного ВМ.

5.3. РАСХОДНЫЕ СКЛАДЫ

Расходные склады могут размещаться как на земной поверхности, так и в подземных выработках.

Общая вместимость всех хранилищ поверхностных и полуглубленных складов ВМ в зависимости от времени их эксплуатации приведена в табл. 5.1. Вместимость таких складов для хранения огнепроводного шнура не ограничивается.

В кратковременных складах ВМ допускается хранение до 400 тыс. м детонирующего шнура при использовании его при сейсмозвезде в качестве источника упругих колебаний.

Во всех случаях предельная вместимость отдельного хранилища ВВ не должна превышать на постоянном расходном складе ВМ 60 т, временном — 25 т и кратковременном — 18 т.

Таблица 5.1

Вместимость хранилищ поверхностных и полуглубленных складов ВМ

Тип склада	Общая вместимость хранилищ		
	ВВ, т	Электродетонаторы и капсюли-детонаторы, тыс. шт.	Детонирующий шнур, тыс. м
Постоянный	120	250	100
Временный	75	100	50
Кратковременный	54	75	35

Допускается непосредственное примыкание территории расходных складов ВМ, расположенных на земной поверхности, к базисным при наличии отдельного въезда (входа) на территорию расходного склада и соблюдении других требований, установленных Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Передвижные склады ВМ, оборудованные на базе автомобилей, должны отвечать требованиям Правил перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом.

5.3.1. Поверхностные и полуглубленные расходные склады ВМ

На территории постоянных и временных расходных складов ВМ могут размещаться здания и сооружения того же назначения, что и на базисных складах, а также иногда оборудуются дополнительными помещениями для централизованного изготовления промежуточных детонаторов, зажигательных и контрольных трубок. Помещения располагаются на расстоянии, взаимобезопасном с хранилищами ВМ по передаче детонации.

Хранилища поверхностных постоянных и временных складов ВМ выполняются из негорюемых материалов с покрытием деревянных конструкций негорюемыми составами (штукатуркой). Полы в хранилищах могут выполняться из регламентированных материалов и должны быть ровными и гладкими. Каждое хранилище постоянного склада оборудуется не менее чем одним тамбуром для выдачи ВМ (требование не распространяется на временные склады).

Согласно установленному порядку, все постоянные расходные склады ВМ должны иметь стационарное рабочее освещение при линейном напряжении до 220 В и аварийное, определяемое проектом. На временных складах может осуществляться только рабочее освещение рудничными аккумуляторными светильниками или фонарями с сухими батареями.

В отличие от постоянных расходных складов ВМ, под хранилища временных складов ВМ допускается использовать не предназначенные для хранения ВМ строения, сарай, землянки и прочие помещения. В то же время, как и хранилища постоянных складов, эти помещения должны хорошо вентилироваться и быть защищены от попадания в них дождя и снега. В приспособляемых помещениях могут быть сохранены существующие размеры окон и дверей. В остальном — требования к постоянным и временным расходным складам ВМ в основном аналогичны.

Кратковременные склады ВМ могут устраиваться: в нежилых строениях, сараях, землянках и т. п.; в железнодорожных вагонах; на плавучих и технических судах речного и морского флота; на автомобилях, прицепах, санях, повозках и т. п.; в палатках, шалашах, пещерах; на контейнерных и открытых площадках, в том числе у мест производства взрывных работ.

Другие требования к постоянным, временным и кратковременным расходным складам ВМ более подробно содержатся в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

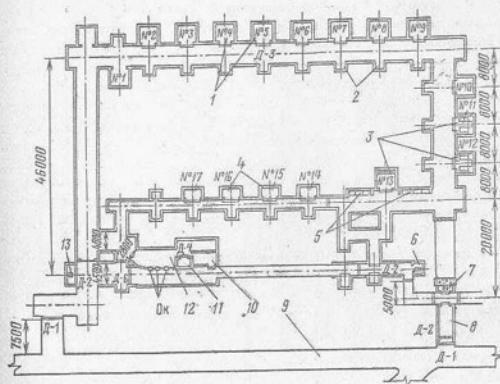


Рис. 5.3. Схема подземного расходного склада ВМ камерного типа большой вместимости:

Подземный расходный склад ВМ представляет собой камеры или ячейки для хранения ВМ, а также подводящие выработки и камеры вспомогательного назначения (рис. 53 и 54).

К последним относятся камеры, предназначенные для раздачи ВМ, маркировки электродостанов (капсюлей-детонаторов) и их проверки, изготовления зажигательных трубок, хранения приборов и устройств электрозвонявания, размещения электрораспределительных устройств и calorифоров, хранения кассет и сумок, размещения средств механизации погрузочно-разгрузочных операций (тележки и другие устройства).

Камеры для хранения приборов, устройств электровзрывания и все последующие могут располагаться в тупиках выработок, подводящих к складу.

Предельная вместимость подземных расходных складов не должна превышать 3-суточного расхода ВВ и 10-суточного расхода СИ (в угольных шахтах — 7-суточного расхода ВВ и 15-суточного — СИ). При этом вместимость каждой камеры в складах камерного типа не должна превышать 2 т ВВ. В складах ячейкового типа разрешается в каждой ячейке хранить не более 0,4 т ВВ или 15 тыс. шт. электродетонаторов (капсюлей-детонаторов).

Расположение подземных складов должно отвечать следующим условиям:

1 — камеры для хранения ВВ (№ 1—9); 2 — отбойные камеры; 3 — камеры для хранения кассет с маркированными электродетонаторами (№ 10—13); 4 — электродетонаторы (№ 14—17); 5 — рабочие места для маркировки и проверки электродетонаторов (изготовление зажигательных трубок); 6—8 — вспомогательные помещения; 9 — электротоксическая лаборатория; 10 — лаборатория взрывчатых веществ; 11 — контрольно-мерительных приборов; 11 — камера для выдачи ВМ; 12 — камера размещения calorифера; Д-1 — противопожарные металлические двери (закрываются в аварийных ситуациях); Д-2 — решетки; Д-3 — металлические двери; Д-4 — металлические двери с регулируемым окном; Д-5 — деревянная дверь, обитая железом с регулируемым окном; Д-6 — противопожарная металлическая дверь с нормальным положением решетки; Д-7 — окна для выдачи ВМ парничкам доставщикам, сопровождающим ВМ.

расстояние от любой ближайшей точки склада до ствола шахты, окольных выработок и других камер окольного двора, а также от вентиляционных дверей, разрушение которых может лишить притока свежего воздуха всю шахту или значительные участки ее, должно быть не менее 100 м для каменного склада и 60 м для складов яйчкового типа;

расстояние от ближайшей ячейки или камеры до выработок, служащих для постоянного прохода людей, при складах камерного типа должно быть не менее 25 м и при складах ячеечного типа не менее 20 м;

расстояние от склада до поверхности при складах камерного типа должно быть не менее 30 м, при складах ячеечного типа 15 м;

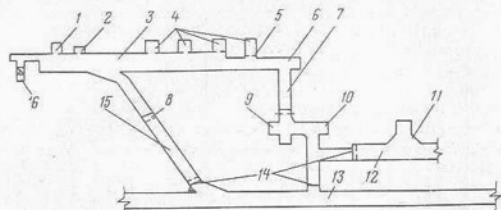


Рис. 5.4. Схема подземного расходного склада ВМ камерного типа малой вместимости:

1 — камера для хранения СИ; 2 — камера для маркировки и проверки электродетонаторов, изготовления зажигательных трубок; 3 — соединительная галерея; 4 — камера для хранения ВВ; 5 — деревянные решетчатые двери; 6 — место для хранения сумок взрывников; 7 — камера для выдачи ВМ; 8 — противопожарные металлические двери (закрываются в аварийных ситуациях); 9 — камера для хранения ранцевых пневмозарядчиков; 10 — камеры вспомогательного оборудования и инвентаря; 11 — пункт разворота самоходного оборудования; 12 — камера перетрузки ВМ; 13 — откаточная выработка; 14 — решетчатые металлические двери; 15 — заезд в склад ВМ, оборудованный рельсовым толкателем; 16 — вентиляционный восток

выработки, в которых расположены камеры или ячейки для хранения ВМ (хранилища), не должны находиться в непосредственном сообщении с главными выработками, а должны соединяться с ними, как правило, не менее чем тремя подводящими прямолинейными или криволинейными выработками, образующими друг с другом прямые углы. Подводящие к складу выработки должны заканчиваться тупиками длиной не менее 2 м и иметь площадь сечения не менее 4 м² (допускается соединение выработок складов ВМ с главными выработками меньшим числом подводящих выработок при условии установки неразрушаемых при взрыве в складе стальных дверей);

каждый склад должен иметь два выхода;

при настилке рельсовых путей в складе ВМ необходимо предусматривать электроизоляцию рельсовых путей от общешахтных; крепь в выработках склада ВМ должна быть несгораемой.

Проветривание склада должно производиться обособленной струей свежего воздуха. При этом необходимо обеспечить четырехкратный часовой обмен воздуха во всех выработках склада. Исходящую из склада воздушную струю нельзя направлять в выработки со свежей струей воздуха.

Склады ВМ в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли, как правило, обгораются электрокалориферами.

Освещение камер и подводящих выработок складов должно быть электрическое во взрывобезопасном исполнении для шахт,

опасных по газу, и в обычной рудничной armатуре для остальных шахт. Электропроводка должна выполняться бронированным кабелем с полихлорвиниловой оболочкой и резиновой изоляцией жил или гибкими резиновыми кабелями. Питание осветительных установок осуществляется напряжением (линейным) не выше 127 или 220 В для стационарного люминесцентного освещения.

В складах у входной двери и в камерах выдачи ВМ устанавливаются телефоны, в том числе в шахтах, опасных по газу или пыли, во взрывобезопасном исполнении.

Во всех случаях в шахтах, опасных по пыли, у подходов к складу с обеих сторон по примыкающим к нему выработкам должны быть установлены сланцевые заслоны, а выработки должны периодически осланцовываться.

В дополнение к имеющимся складам ВМ, а также при отсутствии таких складов на отдельных горизонтах устраиваются раздаточные камеры.

При значительном удалении забоев в целях приближения к ним мест хранения ВМ могут оборудоваться участковые пункты хранения ВМ.

Вместимость раздаточной камеры не должна превышать максимального трехсуточного расхода ВМ на обслуживаемом участке или группе участков, но во всех случаях до 2 т ВВ и соответствующего количества СИ.

Раздаточные камеры вместимостью до 1000 кг могут оборудоваться на расширении выработок откаточного или вентиляционного горизонта, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, и ограждаются сплошной по высоте кирпичной или бетонной стеной толщиной не менее 25 см (рис. 5.5).

При вместимости, превышающей 1 т, раздаточные камеры обычно устраивают в специальной выработке, расположенной не ближе 25 м от действующих выработок. Раздаточная камера должна проветриваться обособленной свежей струей воздуха, которая при выходе из камеры может отводиться в исходную струю участка, крыла, шахты. Схематический план такой раздаточной камеры показан на рис. 5.6.

В шахтах, опасных по газу или пыли, необходимый температурный режим в складах ВМ и раздаточных камерах может обеспечиваться общешахтными калориферными установками.

Участковые пункты хранения ВМ предназначены для временного хранения ВВ и СИ, необходимых для ведения взрывных работ в одном или группе забоев очистных, подготовительных или капитальных выработок, а также для дробления негабаритов и ликвидации их застреваний в перепускных выработках.

Участковый пункт хранения ВМ может представлять собой

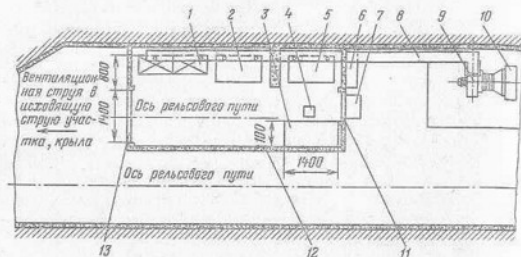


Рис. 5.5. Схема раздаточной камеры ВМ вместимостью до 1000 кг ВВ:
1 — контейнер для разстаренных гранулированных ВВ; 2 — стеллаж для патронированных ВВ; 3 — стол для выдачи ВМ; 4 — табурет; 5 — стеллаж для СИ; 6 — скамейка; 7 — откидной стол; 8 — воздуховод; 9 — вентилятор; 10 — электроскалоффер; 11 — дверь с окном для выдачи ВМ; 12 — место установки противопожарных средств; 13 — двухстворчатая дверь

горную выработку (рис. 5.7) или часть выработки (рис. 5.8), в которой установлены специальные ящики (металлические шкафы) или контейнеры (вагоны-контейнеры) с ВМ, закрывающиеся на замки (рис. 5.9). Под участковые пункты хранения ВМ могут оборудовать

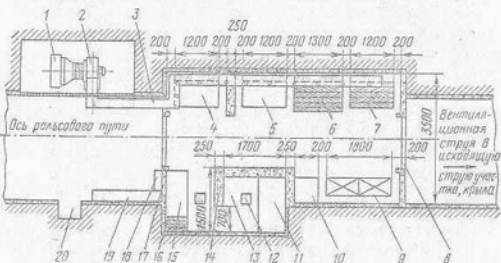


Рис. 5.6. Схема раздаточной камеры вместимостью от 1000 до 2000 кг ВВ:
1 — электроскалоффер; 2 — вентилятор; 3 — воздуховод; 4 — стеллаж для СИ; 5 — стеллаж для патронированных ВВ; 6 — настил для ящиков патронированных ВВ; 7 — настил для мешков гранулированных ВВ; 8 — двухстворчатая дверь; 9 — контейнер для разстаренных ВВ; 10 — ящик для хранения взрывных и контрольно-измерительных приборов; 11 — стол для подготовки СИ; 12 — табурет; 13 — отделение для подготовки СИ; 14 — место установки противопожарных средств; 15 — стол для выдачи ВМ; 16 — место для резки ОШ и ДШ; 17 — окно для выдачи ВМ; 18 — откидной стол; 19 — скамейка; 20 — ниша для противопожарных средств

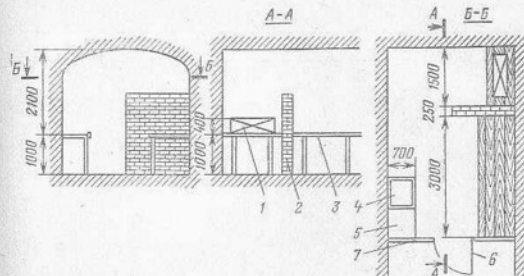


Рис. 5.7. Участковый пункт хранения ВМ вместимостью до 1000 кг ВВ и соответствующего числа СИ:
1 — контейнер для хранения СИ; 2 — кирпичная стенка; 3 — стеллаж для ВВ; 4 — стол для операций с СИ; 5 — стол для документации; 6 — входная дверь; 7 — металлическая перемычка (бетонная, кирпичная) с дверным проемом

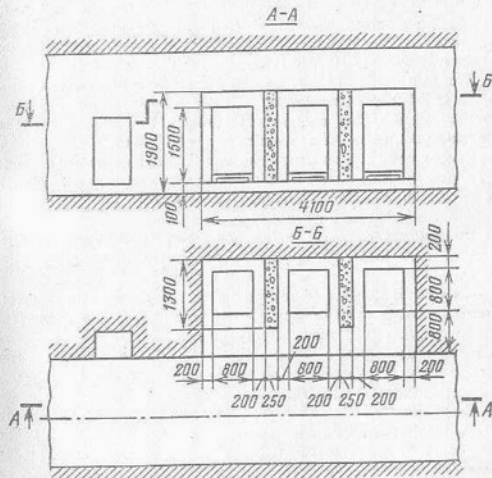


Рис. 5.8. Ниша для установки шкафов с ВМ в участковом пункте хранения

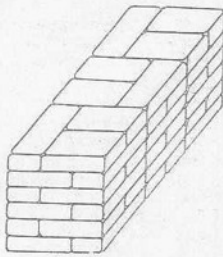


Рис. 5.13. Рациональная схема размещения мешков с ВВ в штабеле

мещению в хранилищах и других установленных местах в соответствии с группами совместности.

ВМ при хранении размещаются на стеллажах, в штабелях и отдельных местах. В зависимости от свойств ВВ и качества упаковочных ящиков на стеллажах ставятся в один или два ряда по высоте. По ширине полки ящики размещаются не более чем в два ряда. Во всех случаях высота полок стеллажей не должна превышать 2 м.

При ручной укладке высота штабелей из мешков с ВВ достигает 2 м. При этом по ширине штабеля может располагаться не более двух мешков

или ящиков с ВВ. Рациональная схема размещения мешков с ВВ в штабеле показана на рис. 5.13. ВВ в гофрокартонной таре нужно формировать в штабеля шириной в два ящика. В целях упрочнения штабелей ящики целесообразно склеивать.

Между стеллажами или штабелями должны оставаться проходы шириной не менее 1,3 м. ВМ на стеллажах и в штабелях располагаются не ближе 20 см от стен хранилищ и не менее 10 см от пола. На стеллажах во всех случаях между ящиками или мешками и верхней полкой следует оставлять зазор не менее 4 см.

Возле штабелей, стеллажей, камер, ячеек и отдельных мест с ВМ целесообразно устанавливать таблички с указанием: наименования ВВ, СИ или ПВА; номера партии, даты изготовления; даты поступления, месяца окончания гарантийного срока хранения ВМ. Такой порядок обеспечивает четкую систему хранения ВМ.

Изготовленные зажигательные трубки должны помещаться в металлические или деревянные ящики, обитые оцинкованной сталью снаружи и футерованные мягкой прокладкой изнутри. Ящики необходимо закрывать крышками с запорами. В количествах, не превышающих суточный расход, зажигательные трубки могут храниться свернутыми в рулы и развешанными на колышках на высоте до 1,2 м от пола. Пол хранилища покрывается матами из мягкого материала аналогично тому, как это делается в хранилищах для порохов.

Совместное размещение в одном хранилище постоянного или временного расходного склада ВМ различных групп совместности допускается только с разрешения вышестоящей хозяйственной организации при соблюдении следующих условий:

ВМ различных групп совместности будут храниться в различных помещениях выполненного из несгораемых материалов хранилища, разделенных сплошной несгораемой стеной из кирпича (бетона) толщиной не менее 25 см;

общая масса всех ВМ не должна превышать 3 т, в том числе количество электродетонаторов и капсул-детонаторов 10 тыс. шт.; выдача ВВ (ПВА) и СИ должна осуществляться из разных тамбуров, ведущих в различные помещения хранилища;

ящики с электродетонаторами и капсулами-детонаторами размещаются на стеллажах у внешней стены хранилища.

Хранение ВМ в раздаточных камерах должно осуществляться в том же порядке, что и в складах ВМ.

Все хранилища с ВМ в складах в нерабочее время полагаются закрывать на замки и опломбировать или опечатать. В расходных складах ВМ с круглосуточным дежурством кладовщиков (раздатчиков) опломбирование или опечатывание хранилищ не обязательно. Двери участковых пунктов хранения, сейфы и ящики также должны закрываться в установленном порядке.

В участковых пунктах хранения пачки или отдельные патроны ВВ укладываются на стеллажи и полки шкафов. В угольных шахтах, кроме того, ВВ помещаются в полиэтиленовые мешки. Электродетонаторы должны храниться в коробках (в заводской упаковке) разложенными по ступеням замедления, а коробки укладываться в кассеты. Зажигательные патроны хранятся в коробках, а бухты зажигательных трубок укладываются в соответствующие кассеты.

При ремонтах хранилищ (площадок, камер и т. п.) ВМ из них должны убираться в другие хранилища или на площадки, расположенные на территории склада или в другие раздаточные камеры, участковые пункты хранения, сейфы и т. д.

Бункера для гранулированных ВВ в подземных складах ВМ и участковых пунктах хранения еженедельно должны очищаться от остатков ВВ и проверяться на герметичность.

На выходные, праздничные дни и при значительных перерывах в работе горных участков все ВМ из участковых пунктов хранения подлежат возврату на расходные склады ВМ.

При прекращении на срок более 6 мес работ, связанных с применением взрывчатых материалов, оставшиеся на расходном складе ВМ должны быть вывезены для использования на другой склад.

В научно-исследовательских институтах, лабораториях и учебных заведениях допускается хранить в сейфах не более 10 кг ВВ, 500 капсул-детонаторов (электродетонаторов) и не более чем по 300 м детонирующего и огнеспроводного шнуров. Указанные ВМ могут размещаться в одном помещении, но в различных сейфах. Сейф, предназначенный для хранения СИ, должен быть заземлен, футеро-

ван мягким материалом и размещен не ближе 2 м от сейфа с ВВ.

Инструкция о порядке хранения ВМ утверждается руководителем института (лаборатории, учебного заведения) по согласованию с местными органами госгортехнадзора (горнотехнической инспекции министерства).

5.5. ПОРЯДОК ПОЛУЧЕНИЯ, УЧЕТА, ВЫДАЧИ И ВОЗВРАТА ВМ

Для приемки ВМ, прибывших на станцию железной дороги, пристань, другой транспортный пункт, руководитель предприятия (организации) обязан направить ответственного за прием работника, соответствующие транспортные средства, рабочих для перегрузки взрывчатых материалов и вооруженную охрану. Вагоны с ВМ, прибывшие в пункт назначения и поданные под разгрузку, должны быть предварительно, до вскрытия, осмотрены грузополучателем совместно с представителем железнодорожной станции. Разгрузку вагонов полагается осуществлять незамедлительно, место разгрузки должно охраняться. Выгрузка ВМ из транспортных средств производится в присутствии грузополучателя. При обнаружении неисправности упаковки, несоответствия числа мест или массы разгружаемых взрывчатых материалов указанным в сопроводительных документах составляется акт, как это предусмотрено инструкциями о порядке приемки продукции производственно-технического назначения и товаров народного потребления по качеству и количеству.

Порядок приемки взрывчатых материалов на железнодорожных тупиках и площадках МПС регулируется требованиями Правил перевозки разрядных грузов.

Предприятие (организация) может передать взрывчатые материалы другому предприятию (организации), имеющему разрешение на право производства взрывных работ и свидетельства на приобретение ВМ.

Доставленные на склад ВМ (изделия с ВМ) должны быть оприходованы на основании отправочных заводских или транспортных документов либо наряд-накладной (наряд-путевки).

Учет ВВ, СИ и ПВА на складах ВМ ведется в специальных книжках по установленным формам (см. приложение).

Книга учета прихода и расхода взрывчатых материалов (форма 1) предназначена для количественного учета ВВ, СИ и ПВА на базисных и расходных складах ВМ. Книга ведется заведующим складом ВМ. В этой книге указывается остаток взрывчатых материалов по каждому наименованию на конец текущих суток.

Книга учета выдачи и возврата материалов

(форма 2) предназначена для расходных складов. Эта книга ведется заведующим и кладовщиками (раздатчиками) склада, на конец суток отражающими, сколько и каких наименований ВМ израсходовано. Показатели книги по форме 2 ежедневно записываются в книгу по форме 1.

При отпуске ВМ со складов для массовых взрывов, а также при централизованной их доставке с базисных на расходные склады, в раздаточные камеры, участковые пункты хранения, к зарядным будкам при проходе стволов и т. п. по согласованию с местными органами госгортехнадзора (горнотехническими инспекциями министерств) могут вводиться промежуточные виды учета прихода, расхода, выдачи и возврата ВМ.

Наряд-накладная (форма 3) служит для отпуска взрывчатых материалов с одного склада на другой. Наряд-накладная выдается бухгалтерией работнику предприятия в целях предъявления вместе с доверенностью на складе для получения ВМ и затем является сопроводительным документом.

При централизованной доставке ВМ с базисных складов на расходные до окончательного оформления отпуска взрывчатых материалов по наряд-накладной, доставщик, получающий ВМ для развозки по расходным складам, и заведующий складом, выдавший взрывчатые материалы, расписываются в получении и выдаче взрывчатых материалов с базисного склада в специальной книге произвольной формы.

Отпуск доставщику взрывчатых материалов со склада для перевозки в участковые камеры и пункты хранения к местам ведения взрывчатых работ, а также отпуск доставщику взрывчатых материалов со склада на массовые взрывы также могут производиться по наряд-накладной. Наряд-накладная в этом случае имеет несколько иную форму и подписывается только руководителем взрывных работ предприятия (руководителем участка взрывных работ). Заведующий складом, отпустив затребованные взрывчатые материалы, один экземпляр наряд-накладной выдает доставщику как сопроводительный документ.

Если взрывчатые материалы перевозятся не одновременно, то до окончательного оформления отпуска взрывчатых материалов по наряд-накладной доставщик, получивший взрывчатые материалы для перевозки, и заведующий складом, выдавший взрывчатые материалы, расписываются в получении и выдаче в специальной книге произвольной формы.

В участковых камерах и на пунктах хранения взрывчатых материалов должен вестись учет движения ВМ в книге, соответствующей форме 2.

Наряд-путевка на производство взрывных ра-

бот (см. приложение, форма 4) служит для отпуска взрывчатых материалов взрывникам, мастерам-взрывникам.

Наряд-путевка подписывается начальником участка или цеха, на котором должны производиться взрывные работы, либо другим должностным лицом соответствующего уровня.

На шахтах и рудниках, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по пыли, наряд-путевка на производство взрывных работ подписывается главным инженером предприятия (либо лицом, его заменяющим), начальником (лицом, его заменяющим) участка вентиляции и техники безопасности, начальником участка (лицом, его заменяющим), на котором должны производиться взрывные работы, и начальником (лицом, его заменяющим) участка взрывных работ.

По окончании работ (а при производстве массовых взрывов — по их завершении) взрывник (мастер-взрывник) и непосредственно руководившие взрывными работами лицо технического надзора подтверждают своими подписями в наряд-путевке фактический расход взрывчатых материалов по назначению.

Взрывники (мастера-взрывники) по окончании смены обязаны лично отчитаться на складе ВМ (в участковой камере, на пункте хранения) о расходе взрывчатых материалов и при наличии остатков взрывчатых материалов сдать их. Взрывчатые материалы не должны выдаваться взрывникам (мастерам-взрывникам), не отчитавшимся в израсходовании ранее полученных.

Наряд-путевка служит на складе основанием для записи выданных взрывчатых материалов в Книгу учета выдачи и возврата взрывчатых материалов, а заполненная после окончания работы — основанием для списания взрывчатых материалов в Книгу учета прихода и расхода взрывчатых материалов.

Партии взрывчатых материалов следует выдавать для использования в порядке поступления на склад и с учетом гарантийного срока хранения.

ВВ и СИ для массовых взрывов разрешается выдавать непосредственно с базисных складов, минуя расходные склады, с последующим оформлением в книгах учета по формам I и 2.

В отдельных случаях, по согласованию с Госгортехнадзором союзной республики или управлением округа Госгортехнадзора СССР (горнотехнической инспекцией министерства) на базисном складе ВМ разрешается выполнять операции выдачи расфасованных взрывчатых материалов взрывникам и приемки от них на склад неизрасходованных взрывчатых материалов при соблюдении следующих условий:

отпуск-приемку взрывчатых материалов производить только из специального вспомогательного помещения (хранилища), возведен-

ного вблизи въезда (входа) на базисный склад и не ближе 20 м от основных хранилищ склада ВМ;

вспомогательное хранилище сооружается из негорюемых материалов и разделяется на две части сплошной (без проемов) несгораемой (кирпичной, бетонной) стеной толщиной не менее 25 см, оборудуется двумя тамбурами для выдачи и приемки взрывчатых веществ и средств инициирования;

общее количество взрывчатых материалов всех наименований в хранилище не должно превышать 3000 кг, в том числе электродетонаторов и капсулей-детонаторов — не более 10 000 шт.;

ящики с электродетонаторами или капсулями-детонаторами размещаются на стеллажах у наружной стены хранилища;

выдача (приемка) взрывчатых веществ и средств инициирования производится из разных тамбуров в хранилища;

заведующий базисным складом ведет книги учета прихода и расхода взрывчатых материалов по формам № 1 и 2.

Учет ВВ, отпускаемых с механизированных пунктов подготовки, осуществляется путем прямого взвешивания, а при загрузке в транспортно-зарядные машины может проводиться по количеству опорожненной заводской упаковки (мешков, пакетов, контейнеров).

Порядок учета и выдачи взрывчатых материалов из расходных камер должен быть таким же, как из складов ВМ, а в участковых пунктах хранения отвечать требованиям, установленным министерствами и контролирующими органами.

Перед выдачей все электродетонаторы и капсули-детонаторы в металлических гильзах подлежат на расходных складах ВМ маркировке — нанесению на гильзы механическим способом индекса отрасли, предприятия и индивидуального рабочего номера взрывника (мастера-взрывника), которому отпускаются средства инициирования. Нумерация электродетонаторов и капсулей-детонаторов должна осуществляться в соответствии с инструкцией, утвержденной Госгортехнадзором СССР (горнотехнической инспекцией министерства).

До обеспечения предприятий и организаций необходимыми маркирующими устройствами допускается наносить на гильзы указанных электродетонаторов и капсулей-детонаторов ранее принятыми и одобренными Госгортехнадзором СССР способами индексы, обозначающие предприятия и рабочие номера взрывников (мастеров-взрывников).

Патроны, пакеты, мешки, шашки и другие изделия со взрывчатыми веществами должны иметь индивидуальные заводские номера, а также предусмотренные стандартами наименования. Индивидуальные заводские номера пачек патронов, а также отдельных изделий необходимо регистрировать в установленном порядке. Запись

номеров выданных взрывникам патронов ВВ, производится в Книге прихода и расхода взрывчатых материалов (см. приложение, форма 2).

Учет прихода и расхода взрывчатых материалов ведется бухгалтерией или учетно-контрольной группой предприятия (организации) на основании приходно-расходных документов, представляемых заведующим складом ВМ.

Проверка правильности учета, хранения и наличия взрывчатых материалов на складах должна производиться ежемесячно лицами, специально назначенными приказом руководителя предприятия (организации), и не реже одного раза в квартал — представителем контролирующей организации (местного органа государственного надзора или горнотехнической инспекции министерства). Периодичность проверок расходных складов ВМ геологических организаций работниками контролирующих органов устанавливается с учетом местных условий. Результаты проверки могут оформляться актом.

5.6. ПОРЯДОК ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВМ НА СКЛАДЫ И К МЕСТАМ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

ВМ на склады и к местам производства взрывных работ, как правило, перевозятся в заводской упаковке, в том числе в контейнерах или в сумках (кассетах) средствами автомобильного и железнодорожного, реже водного транспорта. При этом выгрузка поступивших с заводов-изготовителей или с баз снабжения ВВ, СИ и ПВА, а также погрузка их в средства предприятия-потребителя выполняются в специально отведенных местах, как правило, на погрузочно-разгрузочных площадках в железнодорожных тупиках, на пристанях и т. п. Места выгрузки-погрузки ВМ оборудуются аналогично приельсовым площадкам базисных складов ВМ и должны отвечать требованиям, установленным соответствующими Правилами перевозок, а также Едиными правилами безопасности при взрывных работах. Выгрузку, погрузку ВМ и их транспортирование следует осуществлять в порядке, установленном приказом по предприятию под наблюдением специально выделенных лиц, имеющих соответствующую сопроводительную документацию. Транспортные средства, а также дороги, по которым транспортируются ВМ, необходимо содержать в полной исправности согласно требованиям пори и правил. Упаковка ВМ должна обеспечивать безопасность перевозки и исключать их просыпание или загрязнение. При транспортировании ВМ должна обеспечиваться надлежащая охрана.

Большая часть ВМ на земной поверхности транспортируется автомобилями. Для перевозки ВВ, СИ и ПВА могут использоваться только допущенные госавтоинспекцией для этих целей спе-

циализированные автотранспортные средства или приспособленные автомобили общего назначения.

За исключением передвижных зарядных мастерских (ЛПС, СВП и др.), оснащенных оборудованием для зарядки и перевозки ПВА, совместное транспортирование ВМ с другими предметами и аппаратурой, как правило, не должно допускаться.

Каждый автомобиль, осуществляющий перевозку ВМ, должен быть обеспечен системой информации (СИО), оповещающей об опасности при его движении и определяющей мероприятия по ликвидации дорожно-транспортных происшествий.

Выбор маршрута транспортирования ВМ осуществляется по согласованию с госавтоинспекцией, на территории обслуживания которой организуется перевозка ВВ, СИ или ПВА (при выполнении экстренных аварийно-восстановительных работ на разведочных и эксплуатационных скважинах согласование не требуется). При этом необходимо руководствоваться следующим:

маршрут по возможности не должен предусматривать проезд через населенные пункты и вблизи архитектурных памятников;

перевозка ВМ внутри крупных населенных пунктов по возможности не должна осуществляться вблизи зрелищных, культурно-просветительных, учебных, дошкольных и лечебных учреждений;

в маршруте необходимо указывать места попутных стоянок, заправок топливом, а также основные участки дорог.

К управлению транспортными средствами, на которых перевозятся ВМ, допускаются водители, имеющие стаж непрерывной работы в качестве водителя не менее трех лет, удостоверенные на право управления транспортным средством соответствующей категории и прошедшие специальную подготовку или инструктаж по Правилам перевозки ВМ и медицинский контроль.

В случае, когда при междугородних перевозках водитель вынужден управлять автомобилем более 12 ч, в рейс направляются два водителя.

Перед выпуском в рейс автомобиля, предназначенного для перевозки ВМ, заведующий гаражом или лицо, его заменяющее, обязан сделать в путевом листе запись: «автомобиль проверен, исправлен и пригоден для перевозки взрывчатых материалов».

При транспортировании ВМ загрузка специально оборудованного автомобиля допускается до полной грузоподъемности, за исключением случаев перевозки электродетонаторов (кроме высоковольтных), капсул-детонаторов и пиротехнических реле типа КЗДП, нагрузку которых не должно превышать 2/3 автомобиля и двух рядов ящиков по высоте. Ящики должны укладываться плашмя, плотно друг к другу, но не выше уровня бортов и покрываться трудно-

воспламеняющейся, непромокаемой, хорошо наткнутой тканью, перекрывающей борта кузова не менее чем на 200 мм.

Полная грузоподъемность специально оборудованного автомобиля определяется как разность между полной грузоподъемностью серийного автомобиля и массой дополнительного оборудования, устанавливаемого на автомобиле.

В случае перевозки взрывчатых веществ в специализированных контейнерах последние могут выступать над уровнем бортов автомобиля.

Перевозка взрывчатых веществ со складов ВМ к местам работ может осуществляться в зарядных машинах, допущенных для этих целей Госгортехнадзором СССР.

С разрешения главного инженера или руководителя взрывных работ предприятия (организации) в отдельных случаях может выполняться совместная перевозка средств инициирования и взрывчатых веществ к местам работы или с базисных на расходные склады ВМ в количествах, установленных Едиными правилами безопасности при взрывных работах. В таких случаях электродетонаторы, капсулы-детонаторы и пиротехнические реле должны размещаться на передней части кузова автомобиля в специальном, плотно закрывающемся ящике с войлочными, резиновыми, пенопластовыми или другими прокладками со всех сторон, в том числе со стороны крышки и дна. ВВ помещаются в конце кузова автомобиля и отделяются от ящика с детонаторами ящиками со средствами электроогневого взрыва и зажигательными патронами, ящиками с огнепроводным шнуром или другими способами. Пороха и перфораторные снаряды при совместной перевозке находятся в заводской упаковке или в специальной таре (ящики), исключающей удары и трение ВМ друг о друга. Ящики с порохом и снарядами должны размещаться на расстоянии не менее 0,5 м от других ВМ и прочно закрепляться.

Скорость автомобилей при перевозке ВМ на земной поверхности не должна превышать 60 км/ч. Если движение осуществляется колонной между входящими в нее автомобилями, то устанавливаются следующие дистанции:

по горизонтальному участку дорог — не менее 50 м;

в горной местности — не менее 300 м.

При перевозке ВМ нельзя останавливаться под линиями электропередачи, устраивать стоянки для отдыха в населенных пунктах. Через реки и озера транспортные средства ВМ должны на пароме перевозиться в первую очередь. Запрещается присутствие на пароме других грузов и пассажиров.

Застигнутый грозой транспорт должен быть остановлен на открытом месте и на расстоянии не менее 200 м от леса и жилья. В таких случаях необходимо расставить автомобили на расстоянии

не менее 50 м. Люди, кроме необходимой охраны, на время грозы должны быть удалены на расстояние не менее 200 м. Не разрешается проезд автомобилей с ВМ на расстоянии ближе 300 м от встречающихся пожаров и ближе 50 м от «факелов» на нефтегазовых промыслах.

Перевозку ВМ при взрывных работах в населенных пунктах следует осуществлять только на автомобилях с кузовом типа фургон.

При отсутствии проезжих дорог перевозка отдельных видов ВМ может производиться на прицепе, а также в передвижных зарядных мастерских, буксируемых тракторами. При этом полагается выполнять требования по безопасности движения, установленные соответствующими министерствами и ведомствами по согласованию с контролирующими органами.

Транспортирование ВМ средствами железнодорожного и водного транспорта осуществляется согласно следующим основным положениям.

По железным дорогам на земной поверхности ВМ обычно перевозят в крытых вагонах как целыми поездами, так и отдельными вагонами, а иногда и ручной кладью. При формировании поездов вагоны с ВМ должны размещаться в середине с соблюдением установленных норм по весу и длине поезда, технического состояния и правильности размещения вагонов в составе. Вагоны с электродетонаторами (кроме высоковольтных), капсулами-детонаторами и пиротехническими реле типа КЗДШ необходимо отделять от вагонов с ВВ не менее чем шестью вагонами с неопасными грузами. Скорость движения при маневрах не должна превышать 10 км/ч. Перекатка вагонов с ВМ вручную, как правило, не допускается. Загрузка вагонов электродетонаторами (кроме высоковольтных), капсулами-детонаторами и пиротехническими реле типа КЗДШ не должна превышать 2/3 грузоподъемности.

На новостройках железных дорог и при борьбе со льдом у железнодорожных мостов ВМ можно перевозить на платформах рабочих поездов, мотовозов и дрезин при соблюдении требований совместного транспортирования, установленных Едиными правилами безопасности при взрывных работах, обязательного сопровождения охраной, взрывниками и при наличии необходимых противопожарных средств. При соблюдении этих требований на открытых работах ВМ перевозят также на платформах мотовозов и дрезин. В таких случаях между платформами и моторными отделениями транспортных средств устанавливаются перегородки из негорючих материалов, а выпускные трубы двигателей оборудуются искрогасителями.

В ходе подготовки массовых взрывов принятые предприятия (организации) от дорог МПС железнодорожные вагоны с ВВ раз-

гружаются на борту карьера (разреза) или непосредственно на взрываемом блоке. Условия их размещения, время хранения, порядок охраны, отпуска и учета ВВ определяются инструкцией, согласованной с местным органом госгортехнадзора (горнотехнической инспекцией министерства).

Средства водного транспорта, выделенные для транспортирования ВВ, также должны быть предназначены или приспособлены для этих целей. Пригодность судов для перевозки ВВ определяется специально назначаемой комиссией. Команды судов укомплектовываются персоналом, знающим свойства ВВ и условия их транспортирования.

Во всех случаях применения для погрузки и выгрузки ВВ механизмов их грузоподъемность должна быть не менее номинальной массы брутто груза. При этом лебедки подъема груза грузоподъемных машин, а у стреловых кранов и лебедки подъема стрелы должны быть оборудованы двумя тормозами.

При наличии одного тормоза на лебедке подъема груза, а у стреловых кранов и на лебедке подъема стрелы, нагрузка не должна превышать 75 % грузоподъемности, разрешенной для грузоподъемного механизма.

Перевозка пассажиров и посторонних грузов совместно с ВВ на моторных катерах, газодолах и лодках не должна допускаться. Суда оборудуются молниезащитой.

При речных перевозках ВВ на лодках транспортируются в заводской упаковке или в запирающихся на замки деревянных ларях, покрытых брезентом и прочно увязанных веревками. С наступлением тумана суда пристают к берегу на расстоянии от береговых строений не менее 250 м и от фарватера — не менее 25 м.

Спуск ВВ с поверхности в подземные выработки может осуществляться в клетях, бадах, вагонетках самоходными автотранспортными и другими средствами, а также по скважинам и трубопроводам или вручную. Транспортирование во всех случаях выполняется в соответствии с проектом организации этих работ. При этом, по мере возможности, должно исключаться совпадение маршрутов движения людей и перевозок ВВ. Доставка отдельных партий ВВ от стволов к складам поручается не менее чем двум лицам. При спуске ВВ нахождение посторонних людей в клетях, бадах, вагонетках или на автомобилях не допускается. Спуск ВВ выполняется с разрешения диспетчера после извещения об этом лица, ответственного за подъем, машиниста, рукоятчика и стволового.

Ящики или мешки с ВВ могут занимать не выше 2/3 высоты клетки, но не выше высоты ее двери. Ящики с электродетонаторами и капсулами-детонаторами, а также с пиротехническими реле могут спускаться только отдельно от ВВ и укладываться в один ряд.

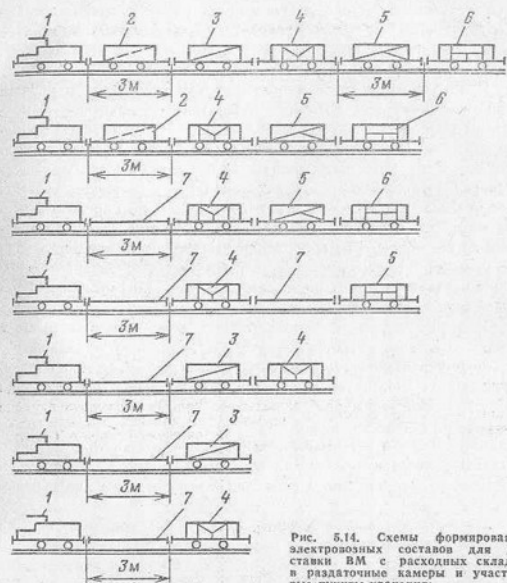


Рис. 5.14. Схемы формирования электровазных составов для доставки ВВ с расходных складов в раздаточные камеры и участковые пункты хранения:

1 — контактный электропоезд; 2 — вагон для тары; 3 — специальный вагон для ВВ в заводской таре; 4 — специальный вагон для раздаточных ВВ; 5 — вагон для взрывного провода, взрывных машин, приборов; 6 — специальный вагон для СН и проезда сопровождающих лиц; 7 — оставка

При размещении в вагонетках ящики и мешки с ВВ не должны выступать выше бортов. Скорость спуска-подъема ВВ во всех случаях не должна превышать 5 м/с. Спуск и подъем взрывников с ВВ по стволам шахт производится вне очереди.

Доставка ВВ в раздаточные камеры и участковые пункты хранения осуществляется железнодорожными составами, самоходными транспортными средствами (рис. 5.14). При этом погрузку ВВ в вагонетки производят в подводящих к складу ВВ выработках.

Кроме машиниста электровазона в поезде могут находиться лица, сопровождающие ВВ. Эти лица обычно размещаются в пассажирском вагоне, находящемся в хвосте состава. Поезда оборуду-

ются условными световыми сигналами (синие фонари впереди и в конце состава), снабжаются средствами пожаротушения. Вагоны окрашиваются в желтый цвет с красной диагональной полосой.

При подготовке массовых взрывов ВМ перевозятся и концентрируются в больших количествах. Их транспортирование по подземным выработкам должно выполняться с осуществлением дополнительных мер безопасности: назначения ответственного за организацию доставки ВМ лица технадзора; перепозки ВМ только после проверки состояния горных выработок и особо состояния контактного провода; обязательного отключения контактного провода в местах временного хранения ВВ; постоянного непосредственного контроля за состоянием ВВ; обеспечения каждого места сосредоточения ВВ не менее чем четырьмя огнетушителями, а также пожарным стволом с рукавом или шлангом, подключенным к противопожарной водной магистрали и др.

При использовании аккумуляторных электропозов вагоны 2 и вставки 7 не применяются (см. рис. 5.14).

Действия должностных лиц и рабочих в случае загорания транспортируемых ВМ, а также порядок использования оборудования и средств противопожарной защиты необходимо указывать в плане ликвидации аварий.

Контейнеры и вагоны-контейнеры для перевозки гранулированных ВВ должны иметь крышки из диэлектрического антикоррозийного материала, а шахтные вагонетки — огнезащитные диэлектрические покрытия.

Перегрузка гранулированных ВВ из транспортных средств в емкости раздаточных камер и участков пунктов хранения может осуществляться специально предназначенными и допущенными для этих целей пневматическими перегружателями.

Самоходными кузовными машинами разрешается перевозить СВ, а также патронированные и гранулированные ВВ в заводской упаковке. Машины должны обозначаться соответствующими световыми сигналами, иметь средства пожаротушения.

Гранулированные ВВ могут транспортироваться в контейнерах (бункерах), допущенных в установленном порядке. Загрузка машин ВВ допускается согласно нормам, установленным для автотранспортных средств на земной поверхности, по ящикам и кассетам с СИ размещаются по высоте в один ряд. К управлению такими машинами допускаются специально подготовленные водители.

Доставка ВМ к местам взрывных работ вручную осуществляется только в контейнерах, сумках или кассетах, предназначенных и допущенных для этих целей Госгортехнадзором СССР (горнотехнической инспекцией министерства).

Прочие требования, определяющие порядок транспортирования ВМ на складах и к местам производства взрывных работ, определяются Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

5.7. ПОДГОТОВКА ВМ К ВЗРЫВНЫМ РАБОТАМ

Под подготовкой ВМ к взрывным работам обычно понимается приведение ВВ, СИ и ПВА в состояние, пригодное для их применения. Подготовка ВМ выполняется на расходных складах как непосредственно в помещениях складов, так и в специально оборудованных для этой цели зданиях, зарядных мастерских, а также на открытом воздухе.

Каждый вид ВМ подготавливается к работе в соответствии с требованиями кратких руководств или инструкций по применению. Так, например, все электродетонаторы перед выдачей подлежат внешней проверке и проверке на соответствие сопротивлений пределам, указанным на этикетках упаковочной тары. Проверки выполняются в здании подготовки при поверхностном или полуглубленном складе ВМ или на открытом воздухе под навесом, а также в специальном помещении подземного склада ВМ. Проверке электрического сопротивления должна предшествовать маркировка электродетонаторов.

Капсюли-детонаторы с металлическими корпусами подлежат внешней проверке, в том числе на чистоту внутренней поверхности гильзы, а затем маркировке. Маркировка может производиться одновременно с изготовлением зажимательной трубки. Качество изготовления дульца гильзы капсюля-детонатора вокруг огнепроводного шнура тоже проверяется.

В зданиях подготовки ВМ могут выполняться сушка, измельчение, просеивание и наполнение оболочек зарядов ВВ, изготовление гирлянд электродетонаторов, централизованное изготовление промежуточных детонаторов. В нем можно осуществлять временное хранение ВВ, СИ и ПВА.

Различные операции в зданиях подготовки ВМ полагаются осуществлять в соответствующих помещениях. А если помещений не хватает, то операции могут производиться в одном и том же рабочем помещении, но в разное время и после его очистки.

Максимальная общая загрузка здания подготовки ВВ, СИ и ПВА не должна превышать 3 т (нетто).

Если здание или открытая площадка расположены вне территории склада, то они должны отвечать следующим требованиям: находиться на безопасном (но не ближе 100 м) расстоянии от ближайших зданий и сооружений, железных и шоссейных дорог; ограждаться на высоту не менее 1,5 м с размещением ограды не ближе 5 м от здания (площадки);

охраняться в установленном порядке (при наличии ВМ).

К размещению и оборудованию зарядных мастерских предъявляется ряд дополнительных требований, связанных со специфическими условиями их эксплуатации.

Так, зарядные мастерские следует располагать не только на безопасном расстоянии от других зданий и сооружений, но и с подветренной стороны к ним (в отношении господствующих ветров). На территории мастерских полагается иметь площадки с твердым покрытием для стоянки и разгрузки спецавтомобилей. К мастерской, располагаемой в углу отведенной территории от главных ворот, должны быть проложены дороги с таким же покрытием.

Постоянная зарядная мастерская, как правило, должна иметь помещения:

- для мойки и сушки аппаратов (мочная);
- для сборки и разборки аппаратов, а том числе отказавших (зарядные);
- для хранения ВВ, СИ и собранной аппаратуры (хранилища, кладовые).

Хранилища для собранных аппаратов и испытательный стенд (если он имеется) в обязательном порядке оборудуются сухими шахтами (ямами). Стены и полы шахт выполняются из кирпича или бетона; каждая шахта оснащается грузоподъемным устройством с ручным приводом и двумя тормозами. В шахтах устраиваются ячейки для установки аппаратов в вертикальном положении. При необходимости оборудуются устройства сотового типа и для хранения аппаратов горизонтально.

Электрические устройства зарядной мастерской располагаются вне помещения.

Более подробные требования к зданиям подготовки ВМ, зарядным мастерским и выполняемым в них операциям содержатся в Единых правилах безопасности при взрывных работах, а также в ОСТ 41-03-150—79.

5.8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВМ

Согласно установленному порядку, взрывчатые материалы должны подвергаться испытаниям в целях определения пригодности их для хранения и применения. Испытания могут проводиться в следующем порядке: при поступлении на предприятие; при хранении до истечения гарантийного срока; по истечении гарантийного срока. Испытания проводятся по инструкциям (отраслевым стандартам).

Наряду с этим соответствующие показатели ВВ и средств инициирования подлежат проверкам, если возникает сомнение в их доброкачественности при осмотре или неудовлетворительных результатах взрывных работ.

Испытания выполняются взрывниками или лаборантами под руководством заведующего складом ВМ или специально назначенного лица, имеющего право руководства взрывными работами, согласно проектам. Основанием для проведения испытаний является график, утвержденный техническим руководителем предприятия или специально уполномоченным для этого лицом, либо письменное распоряжение (радиограмма, телефонограмма) указанных должностных лиц.

Выдача ВМ со склада для проведения испытаний производится по наряду-накладной (наряду-путевке) (см. приложение, формы 3 и 4), которую за руководителя предприятия подписывает заведующий складом ВМ. Расход ВМ, выданных для испытаний, записывается в Книгу учета выдачи и возврата взрывчатых материалов (см. приложение, форма 2).

Испытания осуществляются в лаборатории склада ВМ, а сжигание и взрывание — на полигоне, расположенном на специально отведенной площадке. При этом радиус опасной зоны принимается в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах.

Результаты контроля качества ВМ оформляются актом и заносятся в соответствующий журнал (формы акта и журнала приведены в Единых правилах безопасности при взрывных работах, в ведомственных инструкциях).

При неудовлетворительных результатах испытаний ВМ, проведенных до истечения гарантийного срока их хранения, составляется рекламационный акт, экземпляры которого направляются изготовителю, местному органу госгортехнадзора и в институт по безопасности работ. Вопрос о возможности и условиях использования всей партии взрывчатых материалов решается комиссией с участием представителя изготовителя.

Порядок вызова представителя завода-изготовителя, его участия в работе комиссии, а также оформление претензий к изготовителю ВМ регулируются требованиями утвержденной Госарбитражем СССР Инструкции о порядке приемки продукции производственно-технического назначения и товаров народного потребления по качеству.

Хранение или использование взрывчатых веществ и средств инициирования, не отвечающих установленным требованиям, не допускается. Такие ВМ подлежат уничтожению.

Требования к контролю качества основных взрывчатых материалов, используемых в горной промышленности, в строительстве и при обработке металлов энергией взрыва, а также при геофизических работах приведены в табл. 5.2.

Качество перечисленных взрывчатых веществ и средств иниции-

Группа ВВ	Упаковка	при входном контроле		при хранении
		в пределах гарантийного срока	по истечении гарантийного срока	
Горная промышленность, строительство и металлообработка				
1 Порошкообразные неапатированные аммониты (6 ЖВ и АТ)	Мешки и в контейнерах	1. Внешний вид контейнеров, мешков и состояние их маркировки 2. Полнота детонации ВВ в бумажной оболочке	Периодически, но не реже одного раза в квартал для ВВ в бумажной упаковке и одного раза в полугодие для ВВ в бумажной упаковке с полиэтиленовыми мешками-вкладышами со дня поступления на склад, в том числе: 1. Полнота детонации ВВ в бумажной упаковке 2. Содержание влаги и летучих веществ	Ежеквартально — полнота детонации ВВ в бумажной упаковке
2 Гранулированные неапатированные гранулолот, алюмомот, гранитолы, гранулит АС-4В	То же	1. Внешний вид контейнеров, мешков и состояние их маркировки 2. Полнота детонации ВВ в бумажной оболочке и в стальной трубе	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Один раз в полугодие (для алюмомота и гранулолота) и один раз в квартал (для остальных ВВ) — на полноту детонации
3 Гранулированные неапатированные гранулиты (АС-4, АС-8, С-2, М)	>	1. Внешний вид контейнеров, мешков и состояние их маркировки 2. Полнота детонации в бумажной оболочке и в стальной трубе	Периодически, но не реже одного раза в квартал со дня поступления на склад — на содержание влаги и летучих веществ	Ежеквартально на полноту детонации в бумажной оболочке и в стальной трубе
4 Порошкообразные патроны в мешках, в том числе в установленных случаях, размещенных в контейнерах	Патроны в мешках, в том числе в установленных случаях, размещенных в контейнерах	1. Внешний вид контейнеров, упаковок ВВ и состояние маркировки 2. Внешний вид и маркировка пачек и патронов 3. Способность к передаче детонации на расстояние между сухими и выдержанными в воде патронами	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Ежемесячно для предохранительных патронов и не реже одного раза в квартал для остальных ВВ — на способность к передаче детонации на расстояние
5 Порошкообразный неапатированный детонит М	В ящиках	1. Внешний вид упаковок и состояние маркировки 2. Внешний вид и маркировка пачек и патронов 3. Наличие экспертизы 4. Способность к передаче детонации на расстояние между сухими и выдержанными в воде патронами	Периодически, но не реже одного раза в полугодие со дня поступления на склад ВВ в бумажной упаковке с полиэтиленовым мешком-вкладышем — на наличие экспертизы	Ежемесячно — на наличие экспертизы и на способность к передаче детонации на расстояние

№ п/п	Группа ВВ	Упаковка	Периодичность и вид испытаний		
			при входном контроле	в пределах гарантийного срока	при хранении по истечении гарантийного срока
6	Гексоласт ГП-87К	Листы (ленты, шнур) в ящиках, мешках	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид листов (лент, шнуров) 3. Восприимчивость к детонации и полнота детонации	Не требуется, если нет сомнений в добротности	Незамедлительно и при положительных результатах проверки на восприимчивость к детонации, а также на полноту детонации — срок годности продлевается еще на 6 мес
7	Пороха дымные	В металлических коробках, упакованных в ящики	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид пороха 3. Содержание влаги	То же	Один раз в год при хранении в герметичной упаковке и ежеквартально при негерметичной упаковке. На внешний вид пороха и содержание влаги
8	Шашки-детонаторы (ТП-200, ТП-400, ТП-400Г, ТП-500)	В ящиках	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид шашек-детонаторов, состояние их маркировки	Не требуется, если нет сомнений в добротности. Однако перед выдачей для использования каждая шашка должна быть подвергнута наружному осмотру	Ежеквартально — на полноту детонации
9	Зарядыкумулятивные (ЭКП, ЭКП-КЗ, ШКЗ)	То же	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид зарядов, и, кроме ШКЗ, состояние их маркировки 3. Проверка восприимчивости к детонации (для ШКЗ) — полнота детонации	Не требуется. Однако каждый заряд перед выдачей для использования подлежит наружному осмотру	Ежеквартально — на внешний вид зарядов (для ЭКП и ЭКП-КЗ). Для ШКЗ незамедлительно — на внешний вид зарядов и при положительных результатах срок годности продлевается еще на 6 мес
10	Электродетонаторы (ЭПКЗ, ЭД-КЗ, ОП (ПМ), ЭД-ЗД, ЭД-1,8-Г, ЭД-1,3-Т, ЭД-3-Н)	В картонных коробках, помещенных в металлические контейнеры, коробки и деревянные ящики	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид электродетонаторов и коробок, состояние маркировки 3. На соответствие электрического сопротивления установленным пределам	Не требуется. Однако перед выдачей для использования все электродетонаторы проверяются и подбираются по электрическому сопротивлению	Ежегодно — на внешний вид коробок и электродетонаторов
11	Капсюли-детонаторы (КД-8С, КД-87С)	То же	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид капсюлей-детонаторов и коробок, состояние маркировки	Не реже одного раза в год со дня поступления на склад ВМ — на внешний вид картонных коробок и капсюлей-детонаторов. Кроме того, все капсюли-детонаторы перед выдачей для использования подлежат наружному осмотру	Ежегодно капсюлей-детонаторов и картонных коробок — на внешний вид

№ п/п	Группа ВВ	Упаковка	Периодичность и вид испытаний		по истечении гарантийного срока
			при входном контроле	в пределах гарантийного срока	при хранении
12	Шнур огнестойкий (ОША, ОШЭ)	Бухта (пачки бухт), размещенные в ящиках	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид пачек и бухт шнура 3. Скорость горения и равномерность горения шнура, в том числе в необходимых случаях полнота горения после выдержки в воде	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Один раз в полугодие на скорость, полноту и равномерность горения шнура, в том числе в необходимых случаях на полноту горения после выдержки в воде
13	Шнур деструктивный (ДША, ДШВ, ДШЭ, ДШУ)	Бухта (пачки бухт) шнура, размещенные в ящиках	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид пачек бухт шнура 3. Восприимчивость и полнота дестонации, в том числе в необходимых случаях полнота дестонации после выдержки в воде	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Один раз в год на восприимчивость и полноту дестонации, в том числе в необходимых случаях после выдержки в воде
14	Реле пиротехническое КЭДШ-69	В пачках, размещенных в ящиках	1. Внешний вид упаковки и состояние ее маркировки 2. Внешний вид и маркировка реле 3. Безотказность действия	То же	Один раз в полугодие — на безотказность действия

15	Электрозажигатель огнестойкого шнура ЭЗ-ОШ и электрозажигательные патроны ЭЗП-Б	В коробках, размещенных в ящиках	1. Внешний вид упаковки и состояние ее маркировки 2. Внешний вид изделий и маркировка 3. Электрическое сопротивление	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности. Однако перед выдачей для использования изделия подлежат проверке и подбору по электрическому сопротивлению	Один раз в полугодие — на безотказность действия
16	Электрозажигательная трубка ЭЗТ-2	То же	1. Внешний вид упаковки и состояние ее маркировки 2. Внешний вид коробок и трубок, состояние маркировки 3. Электрическое сопротивление 4. Безотказность действия	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности. Однако перед выдачей для использования трубки подлежат проверке и подбору по сопротивлению	Один раз в полугодие — на безотказность действия
17	Патрон зажигательный бумажный ЗП-Б и комплект патрона зажигания ЗП-Б с электрозажигателем огнестойкого шнура ЭЗ-ОШ	»	1. Внешний вид упаковки и состояние маркировки 2. Внешний вид коробок и изделий 3. Безотказность действия	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Один раз в полугодие — на безотказность действия

№ п/п	Группа ВВ	Упаковка	Периодичность и вид испытаний	
			при входном контроле	при хранении
			в пределах гарантийного срока	по истечении гарантийного срока

Геофизические и другие работы

18	Заряды и зарядные комплексы кумуляционных перфораторов (ПК, ПКО, ПНК, ПКС, ПКОС, ПКОТ, ПКН, ПР, ПРК, КПКР, ПРВ, ПКСП), заряды грунтоноса ЗС 40/50, зарядные комплекты аппаратов для разрушения валунов ЗАРВ 120, аппаратов ППТ-230	В ящиках	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид и маркировка изделий 3. Комплектность 4. Дата изготовления и гарантийный срок	Не требуется	Незамедлительно — на соответствие установленным требованиям по ВНИИ-ЗРГеофизике. При положительных результатах могут использоваться в течение года, а комплекты ЗАРВ 120 — в течение трех лет
19	Зарядные комплекты пудевых перфораторов ППК1-70, ЗПВН, ЗПВТ	То же	То же, что и для п. 18	Не требуется	Незамедлительно — на соответствие установленным требованиям по ВНИИ-ЗРГеофизике. При положительных результатах могут использоваться в течение года, а комплекты ЗАРВ 120 — в течение трех лет
20	Заряды торпед ЗТШТ и ЗТШ	»	То же	То же	Заряды могут использоваться в течение двух лет Незамедлительно — на внешний осмотр. При положительных результатах могут использоваться в течение пяти лет (до 15 лет для зарядов из термостойких ВВ) Подлежат уничтожению
21	Торпеды кумулятивные (ТКО200, ТКО 120—600), заряды пороховых перфораторов ППДБК и аккумуляторов давления АДС, устройство инициирования УИ-150 и устройство передачи детонации УПД-150, капсюль-детонатор КДН-13, детонирующий шнур ДШУ-150	»	То же, что и для п. 18	Не требуется	Заряды могут использоваться в течение двух лет Незамедлительно — на внешний осмотр. При положительных результатах могут использоваться в течение пяти лет (до 15 лет для зарядов из термостойких ВВ) Подлежат уничтожению
22	Грубоорезы кумулятивные (ГРК)	»	То же	Не реже одного раза в год по тем же показателям, что и при входном контроле	Подлежат уничтожению

№ п/п	Группа ВВ	Упаковка	Периодичность и вид испытаний		
			при входном контроле	при хранении в пределах гарантийного срока	по истечении гарантийного срока
23	Унитарный заряд (УЗГ)	В ящиках	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид и маркировка зарядов 3. Комплектность 4. Дата изготовления и гарантийный срок 5. Проверка электрического сопротивления установленным пределам	Не требуется	Незамедлительно — на соответствие требованиям для входного контроля. При положительных результатах могут использоваться в течение года
24	Патроны взрывчат.-герметичный ПВУ-4, герметичный ПВУ-3-100 и предохранительного действия ПВПД	То же	То же, что и для п. 23	То же	Незамедлительно — на внешний осмотр и электрическое сопротивление. Патроны ПВПД подлежат проверке только на электрическое сопротивление. При положительных результатах могут использоваться в течение года

25	Электроспламы, нител, термостойкие ТЭЗ-3П, ЭВ-ПТ-Гр, ЭВ-ПТ-270-Гр	То же	То же, что и для п. 23	Не требуется	Подлежат уничтожению
26	Заряды сейсмические ЗС 70, ЗС 70И	То же, что и для п. 18	То же, что и для п. 18	То же	Незамедлительно — на наружный осмотр зарядов. При положительных результатах могут использоваться в течение года. Затем ежеквартально по внешнему виду
27	Заряды литые тротильные (Тл) для сейсмозадачных работ	»	То же, что и для п. 18, но при сомнениях в доброкачественности проверяют на полную детонацию	Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	Незамедлительно — на полную детонацию
28	Шашки тротильные прямоугольные (Тп) для сейсмозадачных работ	»	То же, что и для п. 18, но при сомнениях в доброкачественности — на полную детонацию	Не требуется	Ежеквартально — на полную детонацию

Периодичность и вид испытаний

Группа ВВ	Упаковка	при входе на контроль		при хранении	
		в пределах гарантийного срока		по истечении гарантийного срока	
29 Детонирующие шнуры (ДШТ, ДШУ, ДШТТ, ДШТВ)	То же, что и для п. 18	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид пачек, бухт шнура 3. Восприимчивость и полнота детонации, в том числе после выдержки в воде 4. Дата изготовления и гарантийный срок		Не требуется, если нет сомнений в доброкачественности	
30 Детонирующие заряды (ДЗ3ТВ)	»	1. Внешний вид упаковки, состояние ее маркировки 2. Внешний вид зарядов 3. Дата изготовления и гарантийный срок		Не требуется	
				Незамедлительно — по всем требованиям входного контроля	
				Один раз в два года — на передачу детонации по установленной схеме	

ирования в конкретных условиях может подвергаться дополнительным проверкам в соответствии с ведомственными инструкциями и отраслевыми стандартами. В таких документах должны быть указаны все применяемые в отраслях народного хозяйства взрывчатые материалы, перечислены соответствующие виды и приведены методы испытаний.

5.9. УНИЧТОЖЕНИЕ НЕГОДНЫХ К ПРИМЕНЕНИЮ ВМ

ВМ, пришедшие в негодность и не отвечающие требованиям ГОСТов и технических условий, подлежат уничтожению.

Непригодность ВМ устанавливается при внешнем осмотре как при поступлении на склад или выдаче взрывникам, так и в процессе хранения, при испытаниях по истечении гарантийного срока хранения, а также в случае отказов или неполной детонации в производственных условиях.

Уничтожение ВМ производится по письменному распоряжению (радиограмме, телефонограмме) главного инженера или технического руководителя объединения (предприятия, организации). В распоряжении указываются: фамилия, должность лица, ответственного за уничтожение, наименование и количество ВМ, подлежащих уничтожению.

Лицо, ответственное за уничтожение ВМ, составляет распорядок выполнения работ с приведением расчетных показателей и приложением графических материалов (проект). Распорядок и проект утверждаются главным инженером или техническим руководителем объединения (предприятия, организации). Уничтожение ВМ поручается взрывнику со стажем работы по профессии не менее двух лет. О каждом уничтожении ВМ должен составляться акт. В акте указываются количество и наименование уничтоженных ВВ, СИ и ПВА, причины и способ уничтожения. Акт составляется в двух экземплярах, которые предназначаются: складу взрывчатых материалов и главной бухгалтерии предприятия (организации).

Остатки взрывчатых веществ и огнепроводного шнура подлежат сдаче на расходный склад ВМ и регулярно уничтожаются опытным взрывником под непосредственным руководством лица технического надзора, выделенного администрацией.

Перевозка ВМ со складов хранения к месту уничтожения, как правило, осуществляется авто- или железнодорожным транспортом, на моторных катерах и лодках или гужевым транспортом при обязательном сопровождении ответственным лицом, имеющим право руководства взрывными работами, и вооруженной охраной. При отсутствии проезжих дорог в отдельных случаях допускается перевозка ВВ (ПВА) и СИ на тягачах и прицепах к тракторам при ус-

ловии исправности тары с разрешения главного инженера предприятия, организации, согласованного с местным органом госгортехнадзора.

Гусеничные транспортеры и тягачи должны удовлетворять основным требованиям, предъявляемым к автомобилям. Кроме того, металлические кузова транспортеров и тягачей должны иметь деревянную обшивку.

Погрузку и разгрузку ВМ следует производить только при неработающем двигателе транспортного средства.

При перевозке ВМ гужевым транспортом пользуются рессорными повозками. При перевозке в санях взрывчатые материалы должны размещаться на подстилке из мягкого материала.

При уничтожении ВМ допускается их кратковременное хранение на специальных площадках или на оборудованных автомобилях, гусеничных транспортерах, повозках (санях).

При временном хранении ВМ на площадке следует завозить такое количество, которое может быть уничтожено за светлое время суток. ВВ размещаются на деревянном настиле высотой не менее 20 см от земли и под навесом или брезентовым покрытием. СИ полагается хранить в отдельной палатке или землянке.

При хранении взрывчатых материалов на специально оборудованных автомобилях, гусеничных транспортерах, повозках или санях транспортные средства располагаются от места уничтожения ВМ не ближе 300 м. СИ при этом находятся в отдельном месте.

Границы опасной зоны при уничтожении ВМ на местности должны быть отмечены условными знаками. На время уничтожения ВМ на границах опасной зоны должны быть выставлены посты охраны. Для лиц, производящих уничтожение ВМ взрыванием или сжиганием, следует оборудовать надежное укрытие.

Уничтожение ВМ может производиться на стационарных полигонах при базисных и расходных складах ВМ на горнодобывающих и других предприятиях и в организациях с постоянным районом работ, а также на специально оборудуемых в условиях геологических, мелноративных и прочих организаций площадках. Типовая схема полигона (площадки) показана на рис. 5.15. Полигоны оборудуются по проектам, утвержденным главным инженером объединения (предприятия, организации), и принимаются в эксплуатацию комиссией. Состав комиссии тот же, что и при приеме в эксплуатацию складов ВМ (см. подраздел 5.1).

Проект полигона для уничтожения ВМ должен содержать следующие сведения и документы:

- указания о месте для уничтожения ВМ;
- размеры полигона и площадок для уничтожения ВМ;

Рис. 5.15. Схема полигона для уничтожения ВМ:

1 — двухстворчатые ворота; 2 — место кратковременного хранения СИ; 3 — место кратковременного хранения ВВ; 4 — защитный вал; 5 — укрытие для людей; 6 — предупредительные знаки; 7 — место складирования тары; 8 — противопожарный пункт; 9 — место уничтожения тары из-под ВВ; 10 — 14 — места уничтожения ВМ сжиганием и взрыванием с броней; 15 — сигнальная мачта; 16 — укрытие для взрывников; 17 — ограда полигона; 18 — противопожарная зона; 19 — место стоянки автотранспорта

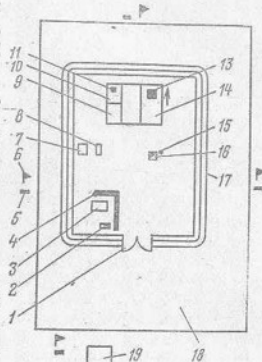
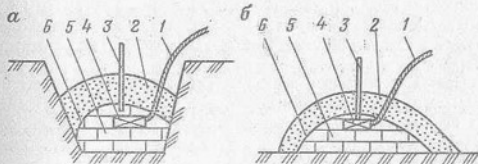


Рис. 5.16. Схема размещения ВВ при его уничтожении взрыванием (а) и на открытых площадках (б):

1 — провод (шнур); 2 — забойка (мелький песок); 3 — мешка; 4 — патрон-боек; 5 — пакки ВВ (порошок ВВ); 6 — плотная бумага



расчет радиусов опасных зон для людей, механизмов и транспортных средств;

расчет небольшого количества ВМ, допустимых к уничтожению за один прием;

места укрытий рабочих и взрывников;

тип укрытия (поверхностный, полуглубленный, углубленный);

тип светидынок для установки их в укрытии;

перечень противопожарных средств и их количество (огнетушителей, песка, лопат, ведер и т. д.);

топографический план местности с обозначением: границы опасной зоны, площадок для уничтожения ВМ, размеров противопожарной зоны, укрытий для взрывников и вспомогательных рабочих, стоянок для автотранспорта, противопожарных средств, ограждения и т. д.;

чертежи на укрытия, сигнализацию, освещение, ограждение, ямы, площадки для хранения ВМ, а также схемы укладки ВМ в ямах, кострах, на площадках.

Полигон должен быть обнесен оградой из колючей проволоки высотой не менее 2 м. Вокруг полигона по периметру опасной зоны через 50 м устанавливаются предупредительные знаки с надписью «Проход и проезд запрещен», «Опасно — взрыв!».

Способы уничтожения конкретных ВМ принимают на основании актов их испытаний, руководствуясь требованиями соответствующих кратких руководств (инструкций) по применению ВВ, СИ и ПВА, ведомственных инструкций и Единых правил безопасности при взрывных работах.

На рис. 5.16 приведены схемы размещения рассыпных и патронированных ВВ при уничтожении в ямах и на открытой площадке.

Следует иметь в виду, что сжигание ВМ целесообразно выполнять только в сухую погоду.

Освободившаяся тара должна быть тщательно очищена от остатков ВВ. Непригодные к дальнейшему использованию ящики, коробки, бумага и т. п. должны сжигаться отдельно от ВМ.

Тара, подлежащая сжиганию, укладывается в штабель на отведенной площадке. Высота штабеля не должна превышать 1,5 м. По ширине штабеля должны располагаться не более трех ящиков, и штабель следует размещать от ограды полигона (площадки) на расстоянии не менее 20 м.

Прочие требования к порядку уничтожения непригодных ВМ содержатся в перечисленных выше документах, а также во временных инструкциях по уничтожению ВМ Минцветмета СССР, Минчермета СССР, МингеоСССР.

6. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ*

6.1. ОПАСНЫЕ ЗОНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

Опасной зоной взрывных работ принято называть пространство, в пределах которого может проявляться вредное действие взрывов на людей, окружающую среду и инженерные сооружения.

Единые правила безопасности при взрывных работах предусматривают определение расстояний по воздействию на людей ударной воздушной волны (УВВ), осколков и обломков разрушаемых материалов, по разрушающему действию на инженерные сооружения сейсмических проявлений взрывов и УВВ, а также по передаче детонации между взрывчатыми материалами при их хранении, подготовке и т. п. За безопасное расстояние для людей принимается наибольшее из рассчитанных для разных условий.

Безопасные расстояния должны устанавливаться проектом или паспортом и приниматься не менее приведенных в табл. 6.1 в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах. Наряду с этим в практике взрывных работ нередко возникает необходимость установления границ зон, опасных по факторам воздействия на людей ядовитых продуктов взрывов, влияния гидроударных волн (ГУВ) на окружающую среду и т. д.

Расстояние, безопасное по действию ядовитых газов при массовых взрывах зарядов на земной поверхности по данным треста «Союзвзрывпром», может определяться по формуле

$$r_{г0} = 160 \sqrt[3]{Q(1 + 0,5v_в)}, \quad (6.1)$$

где $r_{г0}$ — радиус опасной зоны, в пределах которого по направлению ветра процентное содержание ядовитых газов (в пересчете на условную окись углерода) превышает предельно допустимую концентрацию, м; Q — общая масса взорванных зарядов, кг; $v_в$ — скорость ветра, м/с.

Расстояние, безопасное по действию ядовитых газов при массовых взрывах зарядов в подземных выработках рудников по дан-

* По состоянию на 01.07.87 г.

Таблица 6.1.

Рекомендуемые безопасные расстояния от места взрыва до укрытия взрывников

Место взрывных работ. Вид и назначение подземных выработок	Расстояние от места взрыва до укрытия, м
В горизонтальных и наклонных (до 10°) подготовительных и капитальных выработках, забой которых не отнесены к особо опасным	Не менее 150
То же, в выработках, отнесенных к особо опасным	Не менее 200
При взрывании по углям — в наклонных, в том числе восстающих, подготовительных выработках с наклоном более 10°	Не менее 100
При взрывании по породе — в горизонтальной подготовительной выработке и не ближе 20 м от ее устья или сопряжения с другой горизонтальной выработкой	Не менее 200 от забоя, но не ближе 100 от устья проводимой выработки
В лавах и слоях при угле залегания до 10°	Не менее 50
То же, при угле залегания более 18°	Не менее 50, но не ближе 20 м от сопряжения на штреке
В очистных забоях камерного типа, а также при погашении угольных целиков	Не менее 200
В шитовых очистных забоях	Не менее 50 от ближайшего выхода из забоя, но не ближе 20 м от ходовой печи
В верхних и нижних нишах лав, отнесенных к особо опасным	Не менее 200 от взрываемых зарядов, но не ближе 100 на штреке, считая против свежей воздушной струи
При дроблении зависшей горной массы в углеспускных выработках	Не менее 200
При дроблении негартитных кусков породы или горячего сланца	Не менее 100 до места укрытия мастера-взрывника и не менее 200 до места укрытия людей и постов охраны

Продолжение табл. 6.1

Место взрывных работ. Вид и назначение подземных выработок	Расстояние от места взрыва до укрытия, м
При производстве сотрясательного взрывания: в угольных и смешанных забоях выработок, проводимых по пластам, склонным к внезапным выбросам угля и газа, при взрывании зарядов только по углям и породе одновременно или по породе без опережающей выемки угля, а также при проведении выработок по выбросоопасным породам	Не менее 600 от забоя и не ближе 200 от места слияния исходящей из взрываемого забоя струи воздуха со свежей струей. Люди, не связанные с производством взрывных работ, должны находиться на свежей струе воздуха не ближе 1000 от места взрыва
в тех же выработках при взрывании зарядов по породе в забоях, где произведена опережающая выемка угля	Не менее 200 от сопряжения проводимой выработки с выработкой, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, считая против движения свежей струи воздуха
при вскрытии особо выбросоопасных шахтопластов на участке пересечения и то же, на участках приближения и удаления	С поверхности при полном отсутствии людей в шахте. Не менее 600 от места сопряжения вскрываемой выработки с выработкой, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, считая против направления свежей струи воздуха и при выводе людей, не занятых производством сотрясательного взрывания, с горизонта, на котором вскрывается пласт и с которого производится взрывание, в безопасное место
при вскрытии крутых угрожаемых пластов, если прогнозом установлены опасные значения показателей выбросоопасности, при вскрытии выбросоопасных и угрожаемых пологих и наклонных пластов, если прогнозом установлены опасные значения показателей выбросоопасности или прогноз не производился, а также при вскрытии крутых пластов после гидровзрывания	Не менее 600 и при выводе людей, не занятых производством сотрясательного взрывания, на 1000 от места сопряжения вскрываемой выработки с выработкой, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, считая против свежей струи воздуха

Продолжение табл. 6.1

Место взрывных работ. Вид и назначение подземных выработок	Расстояние от места взрыва до укрытия, м
При производстве сотрясательного взрыва:	
при вскрытии крутых выбросоопасных, угрожаемых и невыбросоопасных пластов, если прогнозом перед вскрытием двух последних установлены опасные значения показателя выбросоопасности на участке пересечения	Не менее 1000
то же, на участках приближения и удаления	Не менее 600 от места сопряжения с выходящей выработкой с выработкой, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, считая против движения свежей струи воздуха, а люди, не занятые сотрясательным взрыванием, должны быть выведены за посты охраны опасной зоны в безопасное место
В забоях подготовительных выработок на сланцевых шахтах	Не менее 150, считая против движения свежей струи
В забоях очистных выработок на сланцевых шахтах	Не менее 150, но не ближе 50 от сопряжения на штреке

ным КГРИ

$$r_{гн} = n(V_0 - V_c)/S, \quad (6.2)$$

где $r_{гн}$ — протяженность опасной зоны в сторону поступающей в очистной блок воздушной струи (без учета влияния вентиляции); n — коэффициент, учитывающий объем загазированных выработок одного направления от общего объема таких выработок; V_0 — общий объем загазированных выработок со стороны поступающей воздушной струи, м³; V_c — свободный объем выработок горизонта скрепления блока, в котором выполнен взрыв, м³; S — средневзвешенная площадь сечения выработок, по которым движется газ, м².

Расстояние, безопасное по действию УВВ на людей в подземных выработках, определяется величиной давления

ΔP. Оно не должно превышать предельно допустимого значения. В условиях подземных рудников в общих случаях по данным Криворожского горнорудного института

$$\Delta P = \left(3270 \frac{Qm}{r\S\S} + 780 \sqrt{\frac{Qm}{r\S\S}} \right) e^{-\frac{Pr}{d}}, \quad (6.3)$$

где Q — общая масса взорванного заряда, кг; r — расстояние от места нахождения человека до заряда, м; $e^{-\frac{Pr}{d}}$ — параметр, характеризующий падение давления с учетом потерь на трение о поверхность выработок; $\Sigma\S$ — суммарная площадь сечения выработок, примыкающих к заряду, м²; m — коэффициент перехода энергии ВВ в УВВ; β — коэффициент шероховатости поверхности выработок; d — приведенный диаметр выработки, м.

Расстояние, безопасное по действию УВВ на остекление при взрывах на земной поверхности, по данным треста Союзвзрывпром, для случаев мгновенных взрывов наружных зарядов и скважинных или шпуровых зарядов вычисления определяется по формулам

$$r_{оп} = 120 \sqrt[3]{Q_0} \text{ при } Q_0 \geq 1000 \text{ кг;}$$

$$r_{оп} = 35 \sqrt[3]{Q_0} \text{ при } 2 \leq Q_0 \leq 1000 \text{ кг;}$$

$$r_{оп} = 63 \sqrt[3]{Q_0^2} \text{ при } Q_0 \leq 2 \text{ кг.}$$

Для зарядов с эквивалентной массой $Q_0 = 1000 + 5000$ кг безопасное расстояние по действию на остекление Институтом физики Земли АН СССР предложена формула $r_{оп} = 200 \sqrt[3]{Q_0}$, м, а для $Q_0 = 2 + 1000$ кг $r_{оп} = 65 \sqrt[3]{Q_0}$, где $r_{оп}$ — радиус опасной зоны при действии УВВ на остекление; Q_0 — эквивалентная масса заряда.

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

По данным треста Союзвзрывпром, расстояния, безопасные по действию ГУВ на ихтиофауну:

для случая взрыва сосредоточенного накладного заряда

$$r_{губ} = \frac{K}{\sqrt{E}} \sqrt[3]{Q_0}, \quad (6.4)$$

где $r_{губ}$ — радиус опасной зоны при действии ГУВ на ихтиофауну; K — коэффициент, зависящий от свойств ВВ; E — предельно допустимая удельная энергия ГУВ для конкретных видов ихтиофауны, Дж/м²; Q_0 — эквивалентная масса накладного заряда, кг; для случая взрыва скважинного (шпурового) заряда при дли-

не забойки более десяти диаметров заряда и глубине водосема менее установленной величины

$$r_{губ} = 16 \sqrt[4]{\frac{H^3}{E}} \sqrt{Q}, \quad (6.5)$$

где H — глубина водосема, м;

для тех же условий, но при H более установленной величины

$$r_{губ} = 43 \left(\frac{Hm}{E} \right)^{0.46}, \quad (6.6)$$

где m — число скважинных (шпуровых) зарядов.

Следует иметь в виду, что Едиными правилами безопасности при взрывных работах и другими нормативными документами Госгортехнадзора СССР установлен ряд дополнительных требований в отношении параметров опасных зон при подготовке и производстве взрывных работ, конкретизирующих размеры таких зон с учетом специфических условий.

ИФЗ АН СССР с участием ряда специалистов разработана методика расчета радиусов опасных зон, более полно учитывающая условия взрывных работ.

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

$$r_c = k_r k_c \alpha \sqrt[3]{Q}, \quad (6.7)$$

где r_c — расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м; k_r — коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения); k_c — коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения); α — коэффициент, зависящий от условия взрывания; Q — масса заряда, кг.

Сейсмическая безопасность зданий и сооружений при взрывах предполагает отсутствие повреждений, нарушающих нормальное их функционирование.

Расстояние, безопасное по разлету отдельных кусков горной массы при взрывании скважинных зарядов дробления $r_{разл}$, рекомендуется определять по формуле

$$r_{разл} = 1000 \eta_a \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{аб}}} \left(\frac{d}{a} \right), \quad (6.8)$$

где η_a — коэффициент заполнения скважины ВВ; $\eta_{аб}$ — коэффициент заполнения скважины забойкой; f — коэффициент крепости пород (грунта); d — диаметр взрываемой скважины, м; a — расстояние между скважинами или величина сопротивления по подшве уступа, м.

Расстояние, безопасное по разлету отдельных кусков горной массы при взрывании на выброс и сброс, определяется по Единым правилам безопасности при взрывных работах. При этом учитываются показатель действия взрыва заряда и величина l н. с.

При взрывании серии зарядов с различными по величине W и l радиус опасной зоны определяют, принимая за исходную величину наибольшую W при одинаковых l или наибольшее значение l при одинаковых W .

Радиусы зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывах сосредоточенных зарядов рыхления, т. е. с показателями взрыва $n < 1$, определяют следующим образом.

Из всех зарядов данной серии выбирают заряд с наибольшей ЛНС — W_{max} . Для этого заряда вычисляют длину той условной ЛНС ($W_{н.з.}$), при которой он явился бы зарядом нормального выброса ($n=1$).

Так как значение $W_{н.з.}$ принято определять из соотношения $W_{н.з.} = 5/7 W_{max}$, то для рассматриваемого случая $W_{н.з.} = 5/7 W_{max}$.

Полученное значение $W_{н.з.}$ является исходным для определения радиусов опасных зон по разлету отдельных кусков $r_{разл}$ для людей.

Инструкцией о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов установлено, что массовые взрывы на земной поверхности, представляющие угрозу безопасности воздушного движения могут осуществляться только после получения согласования на их производство соответствующих организаций. Максимальную высоту разлета отдельных кусков горной массы при $n < 2$ во всех случаях следует приравнивать к значениям этого показателя по дальности разлета. При $n > 2$ полученные значения необходимо увеличить в 1,4 раза.

При подготовке массовых взрывов на земной поверхности, когда на заряжание требуется длительное время, разрешается не выводить всех не связанных с производством этих работ лиц из пределов опасной зоны до начала укладки боевиков с ЭД в заряды, а при бескапсюльном взрывании — до начала монтажа взрывной сети при условии нахождения этих лиц в радиусе не менее 50 м от ближайшего заряда и применения только определенных ВВ. В то же время, например, при рыхлении мерзлых и скальных грунтов взрывом под локализаторами опасная зона для людей и механизмов при определенных условиях может составлять всего 15 м.

При подготовке массовых взрывов в подземных рудниках границы опасных зон устанавливают отдельно на периоды заряжания, а также ввода боевиков, монтажа взрывной сети.

На период заряжания устанавливаются две зоны. Первая — радиусом 50 м по выработкам от зарядной машины и заряжаемой

скважины или камеры. В пределах этой зоны могут находиться только люди, связанные с заряджанием. Вторая зона определяется расчетом по действию ударной воздушной волны (УВВ). В ее пределах допускается производство только тех работ, которые необходимы для выполнения рудником (шахтой) установленного объема производства. Лица, допущенные к работам в зоне, перечень соответствующих работ и необходимые меры безопасности ежемесячно определяются руководителем рудника (шахты). При этом должно обеспечиваться максимальное ограничение числа людей.

Опасная зона при вводе боевиков, монтаже взрывной сети также определяется расчетом по действию УВВ. В ее пределах при выполнении указанных операций могут находиться только связанные с этим лица.

При массовых взрывах по обрушению потолочин, междуканальных чеков и всякого бока залежи перед началом укладки патрона боевиков или перед присоединением инициатора к сети детонирующего шнура все люди, не связанные с монтажом взрывной сети, должны выдвигаться из шахты на поверхность.

Ряд требований, регламентирующих размеры опасных зон при взрывных работах, введен для рудников, разрабатывающих пирит-содержащие колчеданные руды.

В связи с повышенной опасностью взрывных работ в угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по пыли, при выполнении взрывов расстояния от взрываемых зарядов до мест укрытия взрывников и других рабочих должны приниматься в соответствии с нормативами, установленными Инструкцией по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках, а также директивным письмом Минуглепрома СССР, Госгортехнадзора СССР и ЦК профсоюза рабочих угольной промышленности от 05.03.82 № Д-40/02-27/75/5-49/4А «О повышении безопасности взрывных работ в угольных и сланцевых шахтах».

Нормативы безопасных расстояний, которыми наиболее часто руководствуются лица технического надзора угольных и сланцевых шахт, инспекторский состав органов госгортехнадзора и мастера-взрывники, приведены в табл. 6.1. Некоторые из нормативов в конкретных условиях могут корректироваться. Условия и измененные параметры приведены в указанном письме, а также в руководящих указаниях по этому вопросу Минуглепрома СССР, Госгортехнадзора СССР и ЦК профсоюза рабочих угольной промышленности.

6.2. ПОРЯДОК ОХРАНЫ ОПАСНЫХ ЗОН. СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

В период взрывных работ на установленных проектом или паспортном границах опасной зоны на местности лицом технического надзора выставляются посты охраны. Охрана организуется так, чтобы все пути, ведущие к месту взрывных работ (дороги, тропы, подходы, выработки), находились под постоянным наблюдением.

На земной поверхности каждый пост должен быть отмечен на местности условным знаком и находиться в поле зрения смежных с ним постов. При этом, например, порядок выставления постов при массовых взрывах определяется способом иницирования зарядов и типом взрывчатых веществ. Так, при электрическом взрывании с применением электродетонаторов и ВВ II группы, согласно классификации Единых правил безопасности при взрывных работах, посты выставляются перед началом укладки боевиков, а при бескапсюльном взрывании и применении таких же ВВ — перед началом монтажа взрывной сети.

В подземных выработках перед заряджанием шпуров и скважин в местах возможных подступов к забоям также должны выставляться посты охраны. В случае наличия людей в подземных выработках даже в период подготовки массового взрыва посты функционируют и на период ввода боевиков и при монтаже взрывной сети.

В порядке исключения, с разрешения местного органа госгортехнадзора, допускается с момента начала заряджания размещение на границах опасной зоны предупредительных знаков. Однако непосредственно перед взрыванием посты все же выставляются.

В выработках с исходящей вентиляционной струей, по которой направляются ядовитые продукты взрыва, посты не выставляются. Эти выработки должны быть закрыты досками с четкой надписью о запрещении входа. После окончания взрывных работ и полного проветривания выработок ограждение и надписи снимаются.

В настоящее время у работников предприятий, ведущих взрывные работы, имеется возможность в необходимых случаях определять аналитическим путем границы опасных зон при взрывных работах в подземных выработках, а также на земной поверхности и своевременно выводить трудящихся за их пределы. Соответствующие методики содержатся во Временной инструкции по определению границ опасных зон при подготовке массовых взрывов в подземных условиях и в Единых правилах безопасности при взрывных работах. Вместе с тем охрана опасных зон должна быть организована так, чтобы обеспечить безопасный подход к забоям лиц технического надзора, контролирующим взрывные работы.

Постовые должны четко знать и строго соблюдать установленные требования по охране опасных зон, пропускному режиму.

При выполнении взрывных работ обязательно применение в светлое время и в подземных выработках звуковых, а в темное время — звуковых и световых сигналов. Подача сигналов голосом не должна допускаться.

Звуковые сигналы подаются взрывником (мастером-взрывником) и при одновременной работе нескольких взрывников — руководителем взрывных работ (старшим взрывником) в следующем порядке.

Первый сигнал — предупредительный (один продолжительный). Все люди, не занятые заряданием и взрыванием, должны удаляться лицом технического надзора за пределы опасной зоны, а у мест возможного входа в опасную зону выставляться посты охраны.

После зарядания и удаления связанных с этими операциями вспомогательных рабочих взрывники проводят монтаж взрывной сети, а также проверку ее исправности.

Второй сигнал — боевой (два продолжительных). По этому сигналу при электрическом инициировании взрывниками из установленного места включается ток, а при огневом взрывании зажигаются огнепроводные шнуры и персонал взрывных работ уходит за пределы опасной зоны.

Третий сигнал — отбой (три коротких) — подается после осмотра места взрыва и означает окончание взрывных работ.

На подземных работах при вторичном взрывании допускается объединять первый и второй сигналы путем непрерывного звучания sireны с обязательной подачей сигнала — «отбой» (удаление людей и выставление постов охраны производится перед включением sireны).

Несколько иной порядок подачи звуковых сигналов установлен Едиными правилами безопасности при взрывных работах для случаев взрывного разрушения зданий и сооружений. Поскольку такие работы нередко выполняются в сложных условиях, первый сигнал обычно подается после окончания зарядания. По этому сигналу все люди покидают обрешеченное здание (сооружение) и удаляются за пределы опасной зоны.

Охрана занимает определенные в проекте места и останавливает движение по прилегающим улицам в пределах опасной зоны.

Руководитель взрывных работ должен лично убедиться в отсутствии людей в пределах опасной зоны.

После второго сигнала руководитель взрывных работ подсоединяет концы магистрали к рубильнику или взрывному прибору. По третьему сигналу включается ток.

Световые сигналы подаются, как правило, ракетами разного цвета для различных сигналов. Например, предупредительный — одна зеленая ракета, боевой — две красные ракеты, отбой — три белые ракеты.

Значения сигналов при взрывных работах должны знать все трудящиеся предприятий и организаций, которые могут оказаться в пределах опасной зоны. С ними целесообразно ознакомить также население жилых пунктов, прилегающих к объектам взрывных работ.

6.3. РЕЖИМЫ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

В целях упорядоченного производства взрывных работ на каждом предприятии они должны осуществляться в определенном режиме. Режим взрывных работ определяет порядок их выполнения во времени и в общем случае определяется циклограммой или графиком, учитывающими организацию работы и условия безопасности. Циклограмма (график) подлежит утверждению главным инженером.

Режим взрывных работ на горном предприятии складывается из системы выписки, получения и доставки соответствующих взрывчатых материалов, определения мест взрывных работ и мер безопасности, установления порядка и времени зарядания шпуров (скважин, камер), взрывания зарядов взрывчатых веществ, проветривания забоев и ликвидации отказавших зарядов.

В связи с повышенной сложностью и опасностью выполнения массовых и некоторых других взрывов, графики их проведения зависимости от условий горных и взрывных работ должны утверждаться главными инженерами комбинатов или производственных объединений.

Соответствующие режимы взрывных работ вводятся на рудниках, разрабатывающих пиритсодержащие колчеданные руды, месторождения угля, сланцев и серы, полезных ископаемых, выделяющих водород и метан, а также при совмещенной разработке месторождений открытым и подземным способами.

Четкая система режимов взрывных работ разработана для угольных и сланцевых шахт, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по пыли. Ниже приводятся основные положения этой системы, в которой порядок и время взрывных работ увязаны с местами выполнения взрывов. Режимы распределяются по шести группам забоев и протяженных выработок, указанных в табл. 6.2.

Режимы взрывных работ составляются на полугодие и для I, II и III групп забоев выработок утверждаются главным инженером

Таблица 6.2

Рекомендуемые режимы взрывных работ для угольных и сланцевых шахт

Группы забоев и протяжений выработок	Дополнительные требования при взрывных работах
--------------------------------------	--

I группа

Протяжение выработок, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии (кроме выработок, проводимых по пластам, опасным по суфлярным выделениям, и участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана); забои подготовительных и очистных выработок (в том числе бутовые штреки и ниши лав), проводимых на пластах, не опасных по взрывам пыли, при отсутствии в выработках выделения метана

Взрывные работы по дроблению негабаритных кусков породы и горючего сланца

Взрывные работы допускаются выполнять в любое время смены при условии, что люди будут находиться в выработках со свежей струей воздуха за пределами опасной зоны взрыва, а в выработках с исходящей струей люди должны находиться в местах, где содержание ядовитых продуктов взрыва не превышает допустимой нормы, но на расстоянии не менее установленного для людей, находящихся на свежей струе воздуха

II группа

Протяжение выработок, забоев очистных (в том числе бутовые штреки и ниши лав, кроме ниш, отнесенных к IV группе) и подготовительных выработок, в которых имеется выделение метана (кроме отнесенных к особо опасным по метану), а также проводимых по пластам, опасным по взрыву пыли, исходящая вентиляционная струя из которых направляется непосредственно в исходящую струю участка (крыла шахты)

Взрывные работы по разбучиванию углеспускных выработок

Взрывные работы допускаются выполнять в любое время смены при условии отсутствия людей в опасной зоне взрыва и в выработках, по которым будут двигаться продукты взрыва

Взрывные работы по разбучиванию выработок должны выполняться в строгом соответствии с положениями действующих инструкций

Продолжение табл. 6.2

Группы забоев и протяжений выработок

Дополнительные требования при взрывных работах

III группа

Забои очистных (в том числе бутовые штреки и ниши лав, кроме ниш, отнесенных к IV группе) и подготовительных выработок, в которых имеется выделение метана (кроме отнесенных к особо опасным по метану), а также проводимых по пластам, опасным по взрыву пыли, исходящая струя из которых поступает в другие очистные или подготовительные выработки и выработки, по которым движется исходящая струя воздуха за счет общешахтной депрессии (вентиляционные штреки, ходки, квершлаг и т. п.)

Взрывные работы допускаются выполнять в специальные междусменные перерывы или специальную смену, длительность которых определяется хронометражными наблюдениями при отсутствии людей в опасной зоне взрыва и в выработках, по которым будут двигаться продукты взрыва

IV группа

Протяжение выработок, проводимых на пластах, опасных по суфлярным выделениям метана, и участки выработок, опасные по слоевым скоплениям метана, особо опасные забои подготовительных выработок, определяемые согласно § 180 Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, особо опасные верхние ниши очистных выработок при восходящем проветривании или нижние ниши при нисходящем проветривании на пластах, опасных по пыли, при относительной газообильности выемочного участка $10 \text{ м}^3/\text{т}$ и более и при абсолютной газообильности свыше $8 \text{ м}^3/\text{мин}$; на пластах, не опасных по пыли — при относительной метанообильности $15 \text{ м}^3/\text{т}$ и более, при абсолютной газообильности свыше $3 \text{ м}^3/\text{мин}$

Породные забои выработок, выемка угля в которых произведена без применения БВР, на пластах, опасных по внезапным выбросам

Взрывные работы допускаются выполнять только в специальные междусменные перерывы или специальную смену, длительность которых определяется хронометражными наблюдениями, при условии отсутствия людей в опасной зоне взрыва и в выработках, по которым будут двигаться продукты взрыва, а также при отсутствии на участке людей, не занятых заряданием и взрыванием

Группы забоев и протяжений выработок	Дополнительные требования при взрывных работах
V группа	
Забои выработок, проводимых по пластам, угрожаемым и опасным по внезапным выбросам угля, пород и газа, протяжение этих выработок, а также вскрытые таких пластов	Взрывные работы допускаются выполнять в специально выделенные междусменные перерывы, определяемые хронометражными наблюдениями, или специально выделенные смены в режиме сотрясающего взрыва с выводом людей и персонала, ведущего взрывные работы, из выработок на расстоянии, регламентируемые требованиями табл. 14.12
VI группа	
Выработки, из которых производятся взрывные работы по разупрочнению пород кровли скважинными зарядами. Очистные забои, в которых производятся взрывная посадка кровли, а также разрушение кровли камерными и скважинными зарядами с целью предупреждения прорывов глыбы	Взрывные работы допускаются выполнять в специально выделенную смену или выходные дни при отсутствии людей в опасной зоне взрыва, а также при отсутствии на участке людей, не занятых подготовкой взрывания, в строгом соответствии с положениями действующих инструкций

шахты (шахтоуправления, шахтостроительного управления), а для IV, V и VI групп забоев и выработок утверждаются техническим директором производственного объединения (главным инженером шахтостроительного треста или комбината) и согласовываются с районной горнотехнической инспекцией.

На шахтах, где горные работы ведутся одновременно силами шахты и подрядных шахтостроительных организаций, а проводимые выработки объединены в одну вентиляционную систему, режим ведения взрывных работ утверждается главным инженером шахты (шахтоуправления) или техническим директором производственного объединения в зависимости от принадлежности забоев и выработок к определенной группе.

Режимы должны пересматриваться и утверждаться при измене-

нии горнотехнических условий в выработках, связанных с изменением условий безопасности.

В отдельных исключительных случаях при невозможности выполнения предложенных режимов ведения взрывных работ технический директор производственного объединения может выбрать и другие режимы, обеспечивающие безопасность работ, согласовав их с управлением округа Госгортехнадзора СССР.

Режимы производства взрывных работ оформляются по форме, приведенной в приложении.

Фактическое время проведения взрывных работ для забоев и выработок всех групп (кроме особо оговоренных случаев на сланцевых шахтах) должно фиксироваться в специальном журнале диспетчером шахты с указанием лица, давшего разрешение на их производство.

Взрывание в каждом забое должно производиться с разрешения начальника участка взрывных работ или его заместителей, или других лиц, на которых эта обязанность будет возложена главным инженером шахты (шахтостроительного управления). Лицо, давшее разрешение на производство взрывания в забое, должно сделать соответствующую запись в наряд-путевке перед началом взрывных работ.

На начало междусменных перерывов или специальных смен, выделенных для производства взрывных работ, все люди удаляются из опасной зоны взрыва и из выработок, по которым следуют продукты взрывания. Спуск в эту зону шахты людей последующей смены должен производиться по специальным графикам, утвержденным главным инженером шахты. Для шахт с 4-сменным режимом работы взрывание в выработках, отнесенных к III—V группам, производится в специально отведенное время при удалении людей из опасной зоны взрыва и из выработок, по которым проследуют продукты взрывания.

Взрывные работы с BB VI класса, в том числе патронами в предохранительных (водонаполненных) оболочках, средствами беспламенного взрывания и гидро взрыванием с применением искробезопасных взрывных приборов, могут производиться в любое время смены при условии нахождения людей за пределами опасной зоны взрыва в местах, где содержание ядовитых продуктов взрыва и метана не будет превышать допустимых норм.

Ликвидацию отзависших зарядов в забоях и выработках, отнесенных к I, II, III и IV группам, допускается производить в любое время смены при условии, что люди будут находиться в выработках со свежей струей воздуха за пределами опасной зоны взрыва, а в выработках с исходящей струей — в местах, где содержание ядовитых продуктов взрыва не превышает допустимой нормы.

Ликвидация отказавших зарядов в зарядах и выработках, отнесенных к V и VI группам, может производиться только при соблюдении дополнительных требований, установленных для этих групп зарядов и выработок.

Режимы взрывных работ предполагают четкое определение в период подготовки и проведения взрывов как мест нахождения трудящихся, не связанных со взрывными работами, так и персонала взрывных работ. В связи с этим, в дополнение к Единым правилам безопасности, следует особо отметить продиктованные необходимостью обеспечить безопасность взрывников требования об их выводе за пределы опасных зон во всех возможных случаях при инициировании взрывов, а также об оснащении специальными взрывными станциями и постоянными взрывными магистральями каждой тупиковой выработки протяженностью более 100 м на угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу или пыли.

6.4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ЗАРЯЖАНИИ ШПУРОВ, СКВАЖИН И КАМЕР

Опасность обращения со взрывчатыми веществами и средствами инициирования во всех случаях определяется их сравнительно высокой чувствительностью и способностью взрываться под внешним воздействием. Допускаемая интенсивность воздействия у различных ВМ индивидуальна. Основными факторами, способными привести к взрыву при заряжании шпуров, скважин и камер, являются тепловое воздействие, разряд статического электричества, механическое воздействие.

В случаях размещения взрывчатых материалов в зарядных полостях в определенной производственной обстановке могут проявляться все перечисленные факторы. Для исключения их опасных воздействий должны осуществляться соответствующие меры профилактики. Эти меры предполагают соблюдение определенных требований, которые содержатся в Единых правилах безопасности при взрывных работах, технических правилах ведения взрывных работ и технологических инструкциях, в стандартах и технических условиях, а также в инструкциях и руководствах по применению конкретных взрывчатых веществ и средств инициирования, а также по эксплуатации средств механизации складских операций с ВМ и взрывных работ. Так, например, при любых операциях с ВМ в целях исключения теплового воздействия не допускается курение и разведение открытого огня (за исключением особо оговоренных случаев) ближе 100 м от мест их размещения. При обращении со взрывчатыми материалами персоналу взрывных работ запрещается иметь при себе оружие, спички и другие зажигательные принадлежности (как

исключение, зажигательные принадлежности допускается иметь только лицам, производящим зажигание огнесродного шпура). Эти требования связаны с тем, что нижний предел температуры воспламенения наиболее чувствительных промышленных ВМ не превышает 200 °С и в определенных условиях даже аммиачная селитра в смеси с мазутом детонирует при простреле пуль.

В то же время при заряжании шпуров, скважин и камер взрывчатыми веществами, особенно в пиритсодержащих колчеданных рудках, должны осуществляться меры, исключающие распространение пожара от случайного загорания или самовозгорания одного из зарядов на другие ВМ. В зарядах должны иметься подручные средства пожаротушения.

При подготовке массовых взрывов взрывчатые материалы следует располагать в выработках с учетом необходимости выполнения указанных мер и обеспечивать за ними постоянный контроль. В планах ликвидации аварий должны предусматриваться возможности загораний ВВ и средств инициирования.

Размещение взрывчатых материалов в зарядных полостях, как и некоторые другие производственные процессы, может сопровождаться образованием и накоплением электростатических зарядов. Их разряды могут стать источником воспламенения пылей взрывчатых веществ, преждевременных взрывов электродетонаторов. Вместе с тем теория и практика взрывного дела показывают отсутствие реальной опасности воздействия таких зарядов на промышленные взрывчатые вещества при операциях немеханизированного заряжания шпуров, скважин и камер. Это связано с характером работ, а также со сравнительно высокими показателями минимальной энергии воспламенения и взрывоопасной концентрации аэрозолей промышленных взрывчатых веществ.

Чувствительность взрывчатых материалов к механическим воздействиям, по мнению многих специалистов, является основным критерием оценки взрывчатых веществ по степени их опасности в обращении. Наиболее характерными формами механического воздействия на ВВ могут быть удар или трение, при которых всегда имеет место разогрев вещества, в определенных условиях приводящий к взрыву. Поэтому при обращении с ВМ должна соблюдаться максимальная осторожность: их нельзя подвергать ударам, толчкам. Запрещается также толкать, бросать, волочить, кантовать и ударять взрывчатые вещества и средства инициирования, находящиеся в упаковке (пакетах, коробках, ящиках, мешках, контейнерах).

В связи с повышением чувствительности нитроэфиров к механическим воздействиям при отрицательных температурах детониты, содержащие эти химические соединения в значительных количествах,

вах, разрешается применять только отогретыми после восстановления сыпучей структуры. Вместе с тем, в целях исключения токсического воздействия нитрофиров на людей, следует избегать соприкосновения детонита с открытым телом и вдыхания их пыли.

Учитывая высокую опасность применения детонитов и скального аммонита, Госгортехнадзор СССР рекомендует всемерно сокращать объемы их использования.

Очень чувствительны к механическим воздействиям, а также к действию искр, пламени и электрических искровых разрядов пороха. Известно, что коллоидные пороха даже при пересыпании способны электризоваться до высоких потенциалов. Это может приводить к искровым разрядам и вызывать воспламенение пороховой пыли или паров летучих растворителей, что важно учитывать при переупаковке порохов, нередко выполняемой на местах выполнения взрывных работ.

При зарядании шпуров (скважин) дымящими и сыпучими порошкообразными порохами следует применять совки, мерные кружки, а также зарядные воронки (кроме случаев применения трубчатых порохов), изготовленные из материалов, не дающих искры. Из таких же материалов должен изготавливаться инструмент, предназначенный для вскрытия упаковки порохов. В целях устранения электризации при использовании сыпучих коллоидных порохов для зарядания сухих скважин и камер пороха смачивают водой.

В соответствии с требованиями стандартов все порошкообразные и гранулированные аммиачно-селитренные ВВ при применении должны легко разминаться от усилия руки. Зарядание таких ВВ слежавшимися создает опасные условия и может приводить к отказам. В свою очередь, нитроэфир- и гексогенсодержащие ВВ не допускается измельчать.

Электродетонаторы, капсулы-детонаторы, пиротехнические реле, электровоспламенители являются весьма чувствительными к механическим воздействиям системами. Известно, например, что электродетонаторы не выдерживают ударные нагрузки энергией, превышающей 40 Дж·м. Наиболее чувствительный их элемент — электровоспламенитель. Весьма чувствителен к механическим воздействиям и инициирующий состав капсулы-детонатора. Поэтому, в частности, при обращении с электродетонаторами не допускается тянуть за их проводники. Капсулы-детонаторы и электродетонаторы должны осторожно, без особого усилия утапливаться в патроны порошкообразных ВВ, в гнезда прессованных ВВ, литых и прессованных шашек. Запрещается рассверливать в шашках отверстия под детонаторы или детонирующий шнур при изготовлении боевиков и промежуточных детонаторов.

Патроны-боевики должны изготавливаться точно по количеству

зарядов. В свою очередь, число подготовляемых к взрыванию зарядов должно готовиться с учетом необходимости их взрыва за один прием. Перед заряданием шпуров и встающие скважины необходимо очищать от буровой мелочи, пыли, воды. Поверхность возле устьев нисходящих шпуров, скважин и шурфов, ведущих к местам заложения камерных зарядов, обязательно должна расчищаться.

Введение патронов-боевиков и промежуточных детонаторов в шпуров, скважины, камеры во всех случаях должно осуществляться вручную.

При зарядании допускается применять забойники, изготовленные из материалов, не образующих искр при ударе о породу. Для зарядания скважин патронированными ВВ часто используют составные (свинчивающиеся) забойники. Широко применяются забойники с чисталками. На забойниках нанесены деления через 10 см для контроля глубины шпуров. Диаметр забойника меньше диаметра шпуров на 10 мм, а один из концов на длине 0,5 м соответствует диаметру патронов. Это сделано для обеспечения возможности шаблонирования шпуров. Длина забойников обычно превышает глубину шпуров не менее чем на 20 см.

В случаях подготовки массовых взрывов для введения в встающие скважины патронов-боевиков или промежуточных детонаторов могут использоваться зарядные шланги.

При подготовке массовых взрывов на земной поверхности образующиеся в скважинах «пробки» из взрывчатых веществ II группы, согласно классификации, содержащейся в Единых правилах безопасности при взрывных работах, можно ликвидировать деревянными шестом-пробойником только в скважинах глубиной до 7 м. В скважинах большей глубины необходимо пользоваться пробойниками, состоящими из веревки с привязанной к ней деревянной болванкой.

Не допускается введение в заряды дополнительных детонаторов в качестве оживителей.

В забоях выработок, особо опасных по метану, запрещается применение ВВ, возвращенных от предыдущих взрываний, при наличии повреждений (нарушений) заводской упаковки патронов. Использование электродетонаторов из возврата может быть допущено только после повторной проверки соответствия их сопротивлений установленным пределам и качества изоляции проводов (визуально).

При зарядании шпуров патроны ВВ должны подаваться плавно, без рывков, с тем чтобы исключить возможность попадания посторонними включениями между ними. Бросать патроны в скважины нельзя.

В общем случае патрон-боевик должен быть расположен первым от устья шпура. Электродетонатор необходимо помещать в ближайшей к устью шпура торцевой части патрона-боевика так, чтобы дно гильзы электродетонатора было направлено ко дну шпура (прямое инициирование).

Допускается расположение патрона-боевика с электродетонатором первым от дна шпура. При этом дно гильзы электродетонатора должно быть направлено к устью шпура (обратное инициирование).

При изготовлении патронов-боевиков нельзя использовать электродетонаторы, не прошедшие проверку на соответствие их сопротивлений установленным пределам. Вместе с тем, в связи с опасностью непредвиденных взрывов, проверку проводимости электровзрывных сетей следует выполнять приборами из укрытий, указанных в паспортах буровзрывных работ. В забоях такую операцию можно осуществлять только специально допущенными для этих целей приборами.

Возможность обратного инициирования при огневом взрывании устанавливается руководителями предприятий по согласованию с местными органами госгортехнадзора с учетом способности огнепроводного шпура обеспечивать передачу импульса при перегибе диаметром 18 ± 2 мм.

Запрещается выдергивать или тянуть огнепроводный и детонирующий шнуры, а также провода электродетонаторов, введенных в боевики или заряды. Нельзя выдергивать из пиротехнических реле отрезки детонирующего шнура и укорачивать их.

Размещать пиротехнические реле КЗДШ-69 внутри зарядов взрывных веществ не допускается.

Монтировать электровзрывную сеть (ЭВС) полагается в направлении от заряда к источнику тока или выключающему ток устройству. Два конца проводов смонтированной части ЭВС должны быть замкнуты накоротко на все время, предшествующее подсоединению их к проводам следующей части сети. При производстве массовых взрывов провода основной и дублирующей ЭВС должны быть маркированы.

При взрывании с применением детонирующего шнура его следует разрезать на отрезки необходимой длины до введения в заряды. Соединение отрезков детонирующего шнура допускается производить только установленными способами. При пересечении шнуров между ними необходимо помещать прокладку. В случаях, когда глубина скважины превышает 15 м, обязательно дублирование электровзрывной сети или сети детонирующего шнура. Монтаж взрывной сети из детонирующего шнура и пиротехнических реле может производиться лишь после размещения зарядов взрывчатых веществ в шпурах, скважинах или камерах. Сети детонирующего шнура мар-

ки ДША при температуре 30°C и более должны прикрываться от действия прямых солнечных лучей.

Огневой способ взрывания является наиболее опасным из всех практикуемых во взрывном деле, так как предполагает присутствие взрывников в забое при поджигании зажигательных трубок. Этот способ, наряду с электроогневым, запрещен к применению на угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по пыли, на рудниках, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых, выделяющих горючие газы. Электроогневой способ взрывания шпуровых зарядов ограниченно может применяться на подземных рудниках, разрабатывающих пиритсодержащие колчеданные руды.

Кроме того, огневое взрывание не допускается производить в вертикальных и наклонных (с углом падения выше 30°) выработках, а также в случаях, когда своевременный отход взрывников на безопасное расстояние или в укрытие затруднен.

Забойка зарядов должна выполняться с максимальной осторожностью. В отношении способов выполнения забойки зарядов взрывчатых веществ на угольных и сланцевых шахтах, а также в рудниках, разрабатывающих пиритсодержащие колчеданные руды и месторождения с выделением горючих газов, установлены специальные требования, подлежащие обязательному выполнению в целях предупреждения аварий.

6.5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОМ ЗАРЯЖАНИИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ЗАРЯДНЫХ ПОЛОСТЕЙ

Механизированное заряжание взрывчатыми веществами шпуров, скважин и камер может производиться только с применением взрывчатых веществ и оборудования, допущенного для этих целей Госгортехнадзором СССР. В числе допущенных Госгортехнадзором СССР к механизированному заряжанию — патронированные, водосодержащие и рассыпные гранулированные взрывчатые вещества, относящиеся ко II группе по степени опасности при хранении и перевозке согласно классификации, содержащейся в Единых правилах безопасности при взрывчатых работах. Эти взрывчатые вещества не должны иметь в своем составе пирозофиров, гексогена, ТЭНа. Порошкообразные взрывчатые вещества могут допускаться к пневмозаряжению только в патронированном виде.

В целях предупреждения попадания в зарядное устройство посторонних предметов (кусков породы, металлических предметов и т. п.) приемные воронки бункеров, камер, дозирующих устройств оборудуются крышками и сетками,

При механизированном зарядании необходимо принимать меры, предупреждающие просыпание, а также выделение пыли или частиц взрывчатых веществ в окружающее пространство. При этом во всех случаях содержание компонентов взрывчатых веществ в воздухе рабочей зоны, вне зависимости от времени контакта с ними людей, не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных Минздравом СССР.

План-график отбора проб для проверки запыленности воздуха рабочей зоны пылью взрывчатых веществ утверждается главным инженером предприятия по согласованию с местной санитарной станцией и должен предусматривать следующую периодичность выполнения анализов.*

При механизированном зарядании шпуров, скважин и камер в подземных условиях — не реже одного раза в месяц и после каждого среднего и капитального ремонта зарядной машины, а также каждый раз при переходе на новое взрывчатое вещество;

при механизированном зарядании шпуров и скважин на карьерах рассыпными гранулированными взрывчатыми веществами — не реже одного раза в квартал, а также после перехода на зарядание новым ВВ или новой зарядной машиной. В случаях применения патронированных взрывчатых веществ контроль осуществляется не реже одного раза в год.

Трудящиеся, имеющие контакт со взрывчатыми материалами, обязаны работать в противопыльных респираторах (У-2К, Ф-62Ш, РУ-6М и т. п.).

Для уменьшения пыления и просыпи взрывчатых веществ перед заряданием или в процессе зарядания используют воду (смачивающие добавки) в количествах, установленных требованиями стандартов, технических условий или руководств по применению ВВ. Хороший эффект дает использование фильтров для улавливания пыли. В воде зарядания в подземных выработках необходимо центрировать конец зарядного трубопровода относительно оси скважины и при диаметре скважины более 105 мм оборудовать зарядный шланг специальной насадкой для формирования заряда. В целях уменьшения выноса пыли ВВ из заряжаемых полостей нужно выдерживать оптимальное расстояние от конца шланга до заряда.

При зарядании предельное давление сжатого воздуха в зарядном устройстве должно ограничиваться предохранительным клапаном, а на машинах непрерывного действия — контролироваться по манометру.

Запрещается зарядание шпуров, скважин и камер, имеющих выходы в выработанное пространство без их предварительной герме-

тизации. В подземных рудниках, разрабатывающих пиритсодержащие колчеданные руды, часть скважины от места сбояки с выработанным пространством в направлении к устью должна заделываться глиняной забойкой не менее чем на 1 м. Нужно иметь в виду, что в связи с опасностью взаимодействия аммиачно-селитренных ВВ с указанными рудами и с серной кислотой во всех случаях применения таких ВВ время нахождения их в зарядных полостях должно быть ограничено. Перед заряданием поверхности выработок при забойной зоне на расстоянии не менее 30 м необходимо орошать водой до полного смачивания осевой пыли. Взрывчатые вещества могут размещаться в скважинах механизированным способом только при соблюдении специальных требований. На земной поверхности в таких условиях рекомендуется применять ВВ, не взаимодействующие с агрессивными средами.

Нельзя оставлять просыпи взрывчатых веществ на почве выработок. В подземных выработках на месте зарядания под восходящими скважинами обычно расстилают брезент или несколько слоев полиэтиленовой пленки площадью, достаточной для сбора просыпавшихся ВВ. При попадании ВВ на почву их необходимо собрать и сдать на склад ВМ для уничтожения в установленном порядке. Собранные непосредственно с почвы взрывчатые вещества нельзя использовать для механизированного зарядания.

В целях защиты от искровых разрядов статического электричества и блуждающих токов все зарядные устройства и трубопроводы должны заземляться.

Особенно высокие требования предъявляются к заряданию ВВ с использованием энергии сжатого воздуха. Так, в подземных выработках зарядные устройства должны быть оборудованы узлами (приспособлениями), обеспечивающими дозированную подачу воды или смачивающих добавок в заряжаемое ВВ. Транспортирование ВВ осуществляется по электропроводящим полиэтиленовым трубопроводам (шлангам) с удельным электрическим сопротивлением не более 10^4 Ом·м. При этом трубопроводы имеют заводскую маркировку с обозначением материала композиции, а также характерный выступ по всей длине трубы. В связи со сравнительно низкой опасностью искровых разрядов при пневмотранспортировании для игнорирования и водосодержащих ВВ при их зарядании допускается применение полиэтиленовых и резиновых трубопроводов с удельным электрическим сопротивлением на три порядка выше.

Шланги (трубопроводы), применяемые для пневмозарядания взрывчатых веществ, нельзя пережимать или изгибать радиусом менее 0,6 м.

При относительной влажности рудничного воздуха более 70 % пневматическое зарядание взрывчатых веществ в шпуров можно

* Порядок, действовавший по состоянию на 01.07.87 г.

осуществлять без заземления при условии оборудования зарядчиков металлической зарядной трубой или электропроводящим зарядным шлангом длиной не более 7 м.

Наряду с указанным в забоях с горными породами, имеющими удельное электрическое сопротивление более 10^4 Ом·м, при относительной влажности рудничного воздуха менее 70 %, помимо заземления и применения электропроводящих трубопроводов, перед заряданием скважин и камер необходимо орошать забои и промывать водой скважины, а также стенки камер, увлажнять места заземлений зарядных машин.

В подземных условиях заземление зарядных машин и трубопроводов обеспечивается местными заземлителями или присоединением к общешахтному заземлению. Местные заземлители могут размещаться не далее 20 м от заземляемого объекта. Требования к местным заземлителям изложены в утвержденной Госгортехнадзором СССР Типовой инструкции по безопасности работ при механизированном зарядании ВВ в подземных выработках. Согласно этой инструкции, электрическое сопротивление зарядной системы не должно превышать 10^7 Ом, а заземляющего устройства — 10^8 Ом.

Осмотр и замер сопротивления заземляющих сетей пневмозарядных машин и транспортных трубопроводов полагается производить перед началом работы ежедневно. Результаты осмотра и замеров сопротивления заносятся в соответствующий журнал.

После окончания зарядания, но не реже одного раза в смену взрывник (оператор) должен промыть зарядную машину водой и продуть ее сжатым воздухом. Особенно тщательно от остатков взрывчатых веществ очищается полость питателя. При наличии несмываемых остатков ВВ нужно использовать пар или горячую воду. Эту операцию следует выполнять в специально отведенном месте — подземном пункте хранения, осмотра и испытаний зарядной техники. Удалять остатки взрывчатых веществ металлическими предметами запрещается. Работы по текущему ремонту зарядчиков также должны выполняться в указанных пунктах. Ремонтировать зарядчики на месте зарядания нельзя.

Перед началом работы взрывник (оператор зарядной машины) совместно с лицом технического надзора обязаны осмотреть состояние кровли и стенок выработки в месте установки машины, определить наиболее безопасные условия прокладки зарядных трубопроводов, размещения ВМ, проверить состояние проветривания возле машины и в забое, наличие необходимых средств пожаротушения. В установленном порядке проверяются состояние зарядной машины, трубопровода, надежность работы средств связи. Результаты осмотра зарядной машины заносятся в соответствующий журнал.

После осмотра зарядной машины ее проверяют в работе на холостом ходу и продувают трубопровод водовоздушной смесью.

Непосредственно возле зарядной машины можно размещать только то количество ВВ, которое установлено проектом (паспортом), но не более ее сменной производительности.

При зарядании шпуров, скважин и камер нагрев узлов, через которые проходит ВВ, не должен превышать 60°C . В случае прекращения подачи сжатого воздуха взрывник (оператор) должен перекрыть пусковые устройства.

Вблизи зарядной машины и трубопровода на определяемом проектом (паспортом) расстоянии, но не ближе 50 м запрещается производство каких-либо работ, непосредственно не связанных с заряданием. На месте зарядания в зоне расположения зарядной машины, взрывчатых веществ, зарядного трубопровода контактный провод электровозной откатки должен быть отключен.

В случае образования в транспортной системе пробок, заклинивания движущихся частей зарядной машины зарядание должно быть прекращено, давление воздуха снято и зарядный шланг отсоединен от машины. После этого в соответствии с инструкцией по эксплуатации машины могут приниматься меры по устранению неполадок.

Во всех случаях перед ликвидацией пробки в зарядном трубопроводе его необходимо извлечь из скважины и закрепить.

При электровзрывании подачу патронов-боевиков в шпур, скважины и размещение их в камерных зарядах можно производить только после окончания зарядания и удаления зарядных устройств.

Требования по безопасности работ при механизированном размещении ВВ в зарядных полостях на земной поверхности мало отличаются от перечисленных. Вместе с тем, например, система заземления здесь значительно проще и обычно выполняется заземляющими цепочками. Зарядная машина должна размещаться на блоке таким образом, чтобы ее колеса во всех случаях находились не ближе 3 м от бровки уступа. При движении колеса не должны наезжать на детонирующий шнур и электрические провода. Взрывник-оператор во время работы не имеет права отходить от машины и оставлять ее без присмотра. Зарядание должно незамедлительно прекращаться в случаях:

- загорания автомобиля или ВВ;
- превышения уровня допустимого нагрева компрессора или подшипников;
- превышения допустимого давления в пневмо- или гидросистемах;
- появления звуков ударов в компрессоре, насосах или раздаточной коробке;

неисправности контрольных или измерительных приборов;
нарушений соединений компрессора или насосов с трубопроводами;

выхода из строя предохранительных устройств;
поломки деталей зарядной машины, трубопровода;
выпадения на заряжаемом блоке масел, легковоспламеняющихся жидкостей или неубранного обтирочного материала, а также упаковки ВМ.

При зарядании шнуров, скважин и камер неглубоко на земной поверхности и в подземных выработках в основном должны осуществляться те же меры безопасности, что и при зарядании другими гранулированными ВВ. Вместе с тем, в целях исключения опасности флегматизации средств инициирования при обратном инициировании зарядов огневым и электроогневым способами, время нахождения огнепроводного шнура в игнорите не должно превышать 6 ч при применении пистолетных зарядчиков и 2 ч при зарядниках инжекторного типа. При подготовке массовых взрывов детонирующий шнур может находиться в зарядах игнорита не свыше 48 ч для марки ДША и 96 ч марки ДШВ. При этом срезы (торцы) детонирующего шнура надежно изолируют.

6.6. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ СЕТЕЙ ОТ ПОСТОРОННИХ ТОКОВ*

В целях предупреждения взрывов электродетонаторов, вызванных опасным воздействием блуждающих токов, Елиные правила безопасности при взрывных работах предусматривают обеспечение всех электроустановок, кабелей, контактных и других воздушных проводов, находящихся в пределах опасной зоны, где монтируется электровзрывная сеть с момента монтажа сети. Однако общепринятых методик определения таких зон пока нет, в связи с чем производственники вынуждены отключать линии электропередачи в пределах зон, опасных по факторам воздействия ударных воздушных волн, разлету кусков горной массы и т. д. Неоднородность решений по вопросу обеспечения безопасности электрического взрывания вынуждает осуществлять дополнительные меры защиты электровзрывных сетей от посторонних токов.

6.6.1. Меры защиты от электротяговых токов

Упрощенно схему образования электротяговых блуждающих токов и их попадания в электровзрывную сеть можно представить следующим образом. Предназначенный для электровоза ток растекается

сы по рельсам в разные стороны и частично стекает с них в грунт. Это обусловлено тем, что рельсы имеют естественный электрический контакт с грунтом. При этом между ним и токоведущими рельсовыми путями существует разность электрических потенциалов. В зоне нахождения электровоза электрический потенциал рельсов выше потенциала грунта. Далее ток утечки из рельсов в землю тем больше, чем больше продольное сопротивление рельсовых путей, чем меньше переходное сопротивление от рельса к грунту, и чем больше электропроводность грунта.

Распространяясь в земле, блуждающий ток может течь в различные проводящие устройства (трубопроводы, нетоковедущие рельсовые пути), в электрические цепи. В зоне тяговой подстанции ток из земли снова собирается в рельсы (здесь потенциал рельсов ниже потенциала земли).

Втеканье блуждающих токов в электровзрывную сеть может происходить через незаизолированные участки сети или поврежденную изоляцию. Такие участки могут иметь случайный электрический контакт в двух или нескольких местах с токоведущими рельсами, с землей в зоне растекания блуждающих токов. Втекающий в электровзрывную сеть ток будет тем больше, чем больше разность потенциалов в местах контакта и чем меньше входное сопротивление электровзрывной сети.

В связи с трудностью учета влияния различных факторов на степень безопасности горного предприятия в отношении блуждающих токов, решение следует принимать после экспериментального определения их величины и области распространения. В качестве основополагающей методики рекомендуется принять требования Временной инструкции по замерам параметров электротяговых блуждающих токов Минметмета СССР. Согласно этой инструкции, в частности, при выполнении взрывных работ непосредственно в выработке, где производится электровзрывная откатка, на время монтажа электровзрывной сети и производства взрыва токоведущие рельсовые пути необходимо отключать от тяговой подстанции или обесточивать:

при электродетонаторах нормальной чувствительности — не менее чем на 300—400 м от мест монтажа взрывной сети (взрывных работ) и прокладки магистральных проводов;

при электродетонаторах пониженной чувствительности — не менее чем на 100—150 м в каждую сторону от указанных выше мест.

Определенные, согласно требованиям инструкции, размеры зон безопасности по электротяговым блуждающим токам в подземных условиях вводятся по согласованию с местными органами госгортехнадзора.

* Подраздел написан с использованием материалов М. М. Греевского.

В целях сокращения утечек тока из рельсов в почву во всех случаях необходимо снижать сопротивление рельсового пути и увеличивать переходное сопротивление от рельсов к почве выработки. В свою очередь, повышение проводимости рельсов обеспечивается увеличением их сечения, применением электросоединителей из медных многопроволочных проводников, характеризующихся низким сопротивлением, в том числе устанавливаемых с помощью электросварки. Междурельсовые соединители должны устанавливаться не реже чем через три стыка.

В главных откаточных выработках под землей и на земной поверхности рельсы целесообразно сваривать.

Рельсовые пути, проходящие на территории складов ВМ, необходимо изолировать от откаточных путей посредством специальных вставок на стыках рельсов не менее чем в двух местах.

При выполнении взрывных работ с применением электрического взрывания зарядов на земной поверхности при наличии электрифицированного железнодорожного транспорта, кроме указанных мер, необходимо осуществлять постоянный контроль за соответствием электрического сопротивления рельсов и отсасывающих линий установленным нормам; строго соблюдать принятую периодичность измерений электроточковых блуждающих токов.

6.6.2. Меры защиты от токов утечек

Токи утечки на землю из сетей переменного тока могут достигать опасной величины при пробое изоляции проводов, электрооборудования, падении на землю проводов воздушных линий электропередачи и т. п.

Величины токов утечки, проникших в электровзрывную сеть, зависят: от напряжения сети переменного тока; характера замыкания на землю (одно- или двухфазное); режима нейтрали вторичной обмотки питающего трансформатора (заземленная или изолированная); характера защитных мероприятий (защитное заземление, зануление, приборы контроля сопротивления изоляции и защитного отключения); состояния заземления; уровня сопротивления изоляции сети электроустановок, а также от того, где и чего касаются оголенные провода электровзрывной сети (грунта вблизи или вдали от заземления, металлических протяженных предметов, имеющих контакт с электроустановкой или не имеющих такого контакта, и т. д.).

Защита электровзрывных сетей в перечисленных случаях от токов утечки обеспечивается путем устройства защитного зануления в сетях с заземленной нейтралью или реле утечки в сетях с изолированной нейтралью. Однако нужно четко представлять, что реле утечки срабатывает при превышении

тока утечки на 0,05 А. Защищая электровзрывную сеть по величине тока, они не исключают взрыва электродетонатора, поскольку время срабатывания реле может достигать 200 мс, тогда как для срабатывания электровоспламенителя достаточно 10 мс.

Необходимо систематически контролировать состояние заземления, с тем чтобы его общее сопротивление в подземных условиях не превышало 2 Ом, а на карьерах (разрезах) 4 Ом, проверить соответствие сопротивления изоляции сетей электроустановок нормированным показателем. В ЛЭП напряжением 0,4–6 кВ также должны применяться реле утечки и защитное отключение участков. Во всех случаях к общей сети заземления для выравнивания потенциалов следует подключать протяженные металлические предметы и сооружения (кроме токоведущих рельсов), отключать электроэнергию в опасной зоне на всем протяжении, где прокладываются электровзрывная сеть. За состоянием сопротивления изоляции электровзрывной сети должен осуществляться регулярный контроль. Необходимо принимать меры, исключающие касание проводами электровзрывной сети корпусов электроустановок и металлических заземленных предметов, пробой изоляции магистральных проводов.

Преждевременный взрыв электродетонатора может быть вызван также емкостным зарядом кабеля, находившегося под напряжением. Практика показывает, что такие заряды могут сохраняться в течение 2–3 ч после отключения. В целях предупреждения взрыва нужно закорачивать отдельные участки электровзрывной сети в процессе ее монтажа, замыкать накоротко жилы кабеля перед подключением электровзрывной линии и подсоединять их на землю не менее чем на 5 мин для полного разряда емкостного тока.

В связи с широким внедрением в последнее время на угольных шахтах и в рудниках постоянных взрывных магистралей, своевременной ликвидации емкостных токов нужно уделять постоянное внимание. Целесообразно подсоединять концы кабеля на входе к специальному рубильнику, который до подключения электровзрывной сети должен быть постоянно замкнут на землю.

6.6.3. Меры защиты от токов электростатических разрядов

На земной поверхности электростатические заряды могут возникать при пыльных бурях и снежных бурях. Источниками зарядов также являются белье и одежда из синтетических материалов. Потенциал электростатических зарядов может достигать 20 кВ при энергии заряда 0,03 Дж. Этого достаточно для взрыва электродетонатора.

В подземных условиях статическое электричество проявляется

при движении в неметаллических трубопроводах сжатого воздуха с примесями песка, ржавчины и т.п., при выходе его из труб, при трении резиновых лент конвейеров о барабаны, при движении воздуха по неметаллическим трубам для проветривания забоев.

Пневмозаряжание шпуров, скважин и камер взрывчатыми веществами особенно опасно с точки зрения образования электростатических зарядов и в подземных выработках и на земной поверхности.

Практика ведения взрывных работ в подземных выработках показывает, что электростатические заряды не накапливаются при влажности рудничного воздуха более 70 %. Однако высокая влажность сама по себе не может полностью исключить возможность преждевременного взрыва электродетонаторов, например при попадании на них струи сжатого воздуха.

Опасность электростатических разрядов при использовании электродетонаторов нормальной чувствительности к току связана с тем, что при случайном касании концевыми проводами предметов, имеющих электростатические заряды, в определенных условиях происходит разряд на мостик электровоспламенителя или искровой пробой с мостика на тильзу через воспламенительный состав, что может привести к взрыву.

Защита электродетонаторов от токов электростатических разрядов обеспечивается:

исключением использования персоналом складов ВМ и взрывными беля из синтетических материалов, а также спецодежды, содержащей более 15 % синтетических волокон. Спецодежду целесообразно регулярно обрабатывать препаратами «Чародейка» или «Антистатик». В качестве спецобуви могут применяться сапоги резиновые формовые (типа арт. 159ФЭТ) или сапоги резиновые формовые ударозащитные (типа арт. 164ФЭТ). Если используется валяная обувь, то взрывник до обращения с электродетонаторами контактом рук с проводящей породой или с заземлителем должен снять с себя электростатические заряды. По мнению отдельных специалистов, сопротивление утечки взрывника относительно земли во всех случаях не должно превышать 10^7 Ом;

выполнением механизированного заряжания шпуров, скважин и камер только специально допущенными для этого взрывчатыми веществами и зарядными устройствами;

пневмозаряжением взрывчатых веществ в оптимальном режиме с их увлажнением в установленных пределах;

изготовлением деталей зарядного оборудования из материалов с установленным удельным сопротивлением;

использованием трубопроводов (шлангов), специально предна-

значенных для транспортирования взрывчатых веществ и допущенных для этих целей в установленном порядке;

заземлением поверхности столов, на которых выполняются работы с электродетонаторами;

оборудованием устройств, снимающих заряды с конвейерных лент;

обязательным заземлением зарядного и другого оборудования (кроме особо отговоренных случаев);

размещением любого оборудования таким образом, чтобы исключалась возможность контакта его с электродетонаторами и проводами электровзрывной сети;

бурением шпуров и скважин с промывкой;

поддержанием влажности воздуха в забоях не ниже 70 %, опрошением заряжаемых полостей и горных выработок;

подачей патронов-боек в шпур, скважину и камеру после механизированного заряжания только через установленный на предпринятый интервал времени, достаточный для стекания электростатических зарядов в землю.

6.6.4. Меры защиты от токов электромагнитных влияний

На земной поверхности на электровзрывную сеть могут воздействовать излучения радио- и телевизионных станций (ретрансляторов), расположенных неподалеку от мест взрывных работ. Например, по данным различных специалистов, для отечественных электродетонаторов нормальной чувствительности представляет опасность нахождение на расстоянии менее 112,5 м от работающего радиопередатчика мощностью 100 кВт. Электромагнитные волны телевизионных станций и УКВ представляют меньшую опасность. Для указанных электродетонаторов при той же мощности передатчика опасная зона составляет 600 м. Вместе с тем при работе радиолокационных станций такая зона находится в пределах 250—5000 м.

В условиях горных предприятий источниками опасных для электродетонаторов электромагнитных излучений могут являться радиопередатчики, используемые для связи диспетчеров с водителями автомобилей и машинистами экскаваторов, телевизионные передатчики, применяемые на земной поверхности и в подземных выработках, высокочастотные установки, предназначенные для разрушения горных пород и др.

В целях исключения или снижения опасности электромагнитных излучений радио- и телепередатчиков необходимо осуществлять комплекс соответствующих профилактических мер.

Наиболее эффективным является удаление электровзрывной се-

ти от передатчика, поскольку напряженность электромагнитного поля убывает в обратной пропорциональности расстоянию до источника излучения. Если этого сделать нельзя, то следует выполнять монтаж электровзрывной сети и взрывание в периоды теле- и радиопаузы.

Во всех случаях необходимо обеспечивать хорошую электрическую изоляцию электровзрывных сетей от земли и любых других заземленных предметов; размещение сетей как можно ближе к земле; свивку магистральных проводов или экранирование, в том числе путем применения кабелей. Работу радиопередатчиков в зонах расположения электровзрывных сетей допускать нельзя, поскольку источники электромагнитного излучения могут оказаться в непосредственной близости от электродетонаторов. При перевозке электродетонаторов на транспортных средствах, оборудованных радиопередатчиками, электродетонаторы следует размещать в металлических коробках. Это обстоятельство особенно следует учитывать работникам геологических и строительных организаций.

Эффективная мера защиты от электромагнитного излучения — применение электродетонаторов пониженной чувствительности.

Во всех случаях ведения взрывных работ вблизи действующих радио- и телерадиостанций или ретрансляторов следует знать степень их опасного влияния на электровзрывные сети.

Необходимо иметь в виду, что высоковольтные линии электропередачи переменного тока большого напряжения также могут оказывать определенное электромагнитное и электростатическое влияние на расположенные поблизости электровзрывные сети. Если электровзрывная сеть проложена над землей, то в ней в результате электростатического влияния может появиться напряжение, пропорциональное высоте подвески. При этом в случае параллельного расположения сети и линии электропередачи она будет находиться под напряжением относительно земли вследствие влияния электростатической индукции и емкостной связи с линией электропередачи. При касании земли в электровзрывной сети могут возникнуть опасные разрядные токи, способные взорвать электродетонатор.

При размещении электровзрывной сети на земле электростатическое влияние на нее минимально и им можно пренебречь. Однако возрастает магнитное влияние. Индуцирующая в электровзрывной сети магнитным полем электродвижущая сила тем больше, чем больше поверхность, ограниченная электровзрывной сетью, и ток влияющей линии электропередачи. Эта электродвижущая сила может достигать опасных значений при переходных процессах в линии электропередачи — включениях, выключениях, коротких замыканиях.

В связи с указанным при производстве взрывных работ вблизи высоковольтных линий электропередачи магистральные провода сле-

дует свивать и не располагать параллельно ЛЭП; целесообразно также применение экранированных кабелей и проводов. Должна обеспечиваться надежная изоляция электровзрывных сетей. Монтаж сетей и взрывание следует по возможности уязвлять с режимом эксплуатации линий электропередачи с тем, чтобы максимально исключить переходные процессы, связанные с включениями, выключениями, короткими замыканиями.

6.6.5. Меры защиты от токов грозовых разрядов

Опасность грозовых разрядов для электровзрывных сетей обусловлена как возможностью прямых ударов в них молний, так и вторичными воздействиями на электровзрывные сети. Вторичные воздействия могут проявляться в виде электростатического или электромагнитного влияния.

Необходимо иметь в виду, что удар молнии представляет опасность преждевременно взрыва электродетонаторов и при работе в подземных выработках, так как ток молнии, хотя и уменьшается по мере углубления в землю, составляет 37 % первоначальной величины на глубине 150 м в известняке и 500 м — в граните. При ударе молнии в землю стекает заряд со средним значением 20 кВ.

Единые правила безопасности при взрывных работах предусматривают прекращение взрывных работ при грозе во всех случаях. В связи с этим выбор времени выполнения взрывных работ следует осуществлять с учетом наиболее благоприятного с точки зрения грозовой опасности периода. Необходимую помощь в этом отношении могут оказать местные метеослужбы.

Кроме того, в целях уменьшения опасности грозовых разрядов следует обеспечить: соблюдение установленных требований молниезащиты; хорошее электрическое соединение между собой металлических протяженных предметов на земной поверхности и в подземных выработках; исправное состояние сетей заземления; удаление проводов электровзрывной сети от рельсов и металлических вентиляционных трубопроводов не менее чем на 0,5 м; тщательную изоляцию электровзрывной сети; применение электродетонаторов пониженной чувствительности.

7. ДРОБЯЩЕЕ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ И ВОЗДУШНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА ЗАРЯДОВ ВВ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Отбойка и дробление скальных пород при их разработке производятся с помощью зарядов ВВ, размещаемых в шпурах, скважинах, камерах или траншеях.

Шпур — искусственное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром не более 75 мм и глубиной до 5 м, пробуренное бурильным молотком или сверлом.

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.

Для размещения больших зарядов (от нескольких до тысяч тонн) применяют зарядные камеры больших размеров обычно прямоугольной формы.

Выработки — камеры, предназначенные для размещения зарядов ВВ на дорожных и гидротехнических объектах, имеют непосредственный выход на поверхность. При горизонтальном расположении выработки она называется штольней, при вертикальном — шурфом.

При подземной отбойке руд сосредоточенные заряды называют камерными или минными.

Для образования удлиненных выемок (каналов, траншей и т. п.) в мягких грунтах применяют траншеи, на дно которых размещают заряд длиной несколько сот метров.

Заряд ВВ — определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву с помощью средств инициирования (СИ). Величина (масса) заряда указывается в килограммах или тоннах.

Процесс размещения заряда в зарядной камере называется заряджанием.

Взрывными называются работы по заряджанию и инициированию зарядов ВВ.

Накладным (наружным) называют заряд, размещенный на взрываемом объекте, **внутренним** — заряд, размещаемый внутри взрываемого объекта, в шпурах, скважинах или камерах.

Сосредоточенным называют заряд, имеющий форму куба или шара. Такой заряд может иметь формы цилиндра, длина которого не превышает его 3—5 диаметров, или параллелепипеда с тем же отношением размеров. Если длина заряда больше указанных величин, то его называют *удлиненным* (колонковым).

Сплошным называют заряд, не разделенный промежутками, а **рассредоточенным** — заряд, отдельные части которого разделены промежутками (участками) воздуха, воды, породы, дерева и т. п.

По характеру действия на окружающую породу различают следующие заряды:

камуфлета, взрыв которого дробит массив вокруг заряда, но его действие не проявляется на открытых поверхностях массива; **откола**, взрыв которого дробит массив вокруг заряда и вызывает откол части массива у открытых поверхностей без соединения этих двух областей разрушения;

рыхления, взрыв которого дробит массив на всем протяжении от места расположения заряда до открытых поверхностей без выброса (отброса породы);

выброса, взрыв которого дробит массив на протяжении от места расположения заряда до открытых поверхностей и происходит выброс (отброс) породы из пределов воронки взрыва.

Воронкой взрыва называют образованное углубление в массиве при взрыве сосредоточенного заряда ВВ.

Показатель действия взрыва — отношение радиуса воронки взрыва к глубине его заложения (линии наименьшего сопротивления).

Линия наименьшего сопротивления (ЛНС) — кратчайшее расстояние от центра сосредоточенного заряда до ближайшей открытой поверхности. Для удлиненных зарядов при их многорядном расположении и короткозамедленном инициировании глубиной заложения (ЛНС) является расстояние между рядами или отдельными зарядами.

В массиве в месте расположения заряда при взрыве под действием ударных волн и газов взрыва образуется зона сжатия или измельчения. В этой зоне происходит сильное измельчение породы с образованием полости определенных размеров. Порода в этой зоне превращается в мелкодисперсную массу с изменением ее структуры. За пределами этой зоны образуется зона трещинообразования, где порода под действием напряжений, возникающих от волнового и статического нагружения массива, разрушается на куски различных размеров с сохранением их структуры.

За пределами зоны трещинообразования (разрушения) массив породы испытывает только упругие деформации без нарушения его

целостности. Эта область называется зоной сейсмического действия взрыва.

Любой взрыв, кроме камуфлетного, генерирует воздушную ударную волну, которая может вызывать вредные воздействия на промышленные сооружения (остекление окон, деформации стен, дверных проемов и т. д.).

7.2. ДРОБЯЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Дробящее действие взрыва в окружающей среде — это процесс разделения массива горных пород или некоторого его объема, окружающего заряд ВВ заданной массы, на частицы требуемой крупности с преодолением при этом механических сил сцепления этих частиц по системе естественно существующих в породах микро- и макротрещин и образованием новых поверхностей. Результат этого процесса — раздробленная до определенной крупности взорванная горная масса.

Процесс дробящего действия взрыва в среде — это активная составляющая часть общего разрушения горных пород с нарушением сплошности или разделением (диспергированием) пород в результате действия на них различных физических факторов взрыва.

Наиболее существенными признаками взрыва являются три фактора: экзотермичность процесса, большая скорость распространения и наличие газообразных продуктов под большим давлением. Только совокупность этих трех признаков придает физическому или химическому явлению характер взрыва.

Масса ВВ при взрыве быстро превращается в газы, находящиеся под огромным давлением. Это давление газов взрыва, приложенное к стенкам зарядной камеры, передается в другие точки среды в форме ударной волны, возникающей на границе раздела двух сред: ВВ — среда. Ударной волной называют мгновенное возмущение среды, параметры состояния вещества на фронте которой меняются скачкообразно, а скорость его распространения превышает скорость звука в данной среде. Распространение ударной волны связано со значительными потерями энергии и физически возможно лишь до тех пор, пока давление на фронте ударной волны превышает модуль объемного сжатия среды. Практически область распространения ударной волны ограничена 3—7 радиусами заряда (рис. 7.1).

В дальнейшем в среде наблюдается переход ударной волны в волну сжатия (рис. 7.1). Волной сжатия (напряжения) называют неупругое возмущение среды, параметры которой изменяются достаточно плавно, скорость распространения возмущения рав-

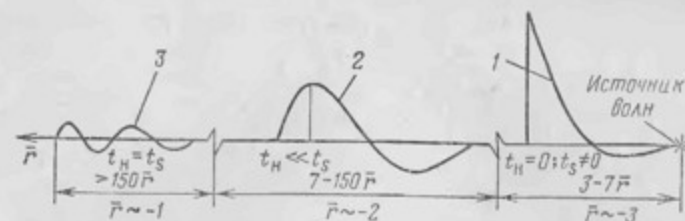


Рис. 7.1. Зоны распространения ударных волн (1), волн сжатия (2) и сейсмических волн (3):

t_H — время нарастания напряжений от 0 до $\max$; t_S — время спада напряжений от $\max$ до 0; $\bar{r} = r/R$ — относительный радиус заряда

на скорости звука в данной среде, а время выведения вещества из состояния покоя всегда меньше времени возвращения его к этому состоянию.

В области распространения волн сжатия среда ведет себя неупруго, в ней возникают остаточные деформации, ведущие к нарушению сплошности строения среды. Зона распространения этих деформаций охватывает объем 120—150 радиусов заряда.

По мере дальнейшего распространения в среде волны сжатия наблюдается ее переход в сейсмическую волну (см. рис. 7.1). Сейсмической волной называют упругое возмущение среды, скорость которой равна скорости звука в данной среде, а время упругого возмущения вещества равно времени его возвращения к состоянию покоя. Область распространения упругих колебаний обычно определяется общей массой заряда и упругопластическими свойствами среды и превышает 150 радиусов заряда.

После взрывчатого разложения сферического заряда ВВ во все стороны от зарядной камеры начинает распространяться мощная ударная волна. Элементарный объем ΔV , который в общем случае может быть выделен в среде на некотором расстоянии R от заряда, будет сжат усилием σ_R в нормальном и растянут в σ_τ тангенциальном направлениях (рис. 7.2). В зоне действия ударных волн напряжение на фронте волны может превышать модуль объемного сжатия среды, а сами нормальные напряжения соосны, благодаря чему порода вблизи заряда раздавливается и переходит в текучее состояние, образуя зону пластических деформаций в пределах 3—7 радиусов заряда. При достаточно большом удалении от заряда нормальные соосные напряжения σ_R не могут произвести сколько-нибудь заметного разрушения ввиду того, что прочность большинства реальных материалов в таких условиях объемного неравномерного сжатия в 10—12 раз выше прочности их в одноосном напряженном состоянии. Поэтому, несмотря на относительно небольшие размеры зоны пластических деформаций, составляющей около 1 % общего

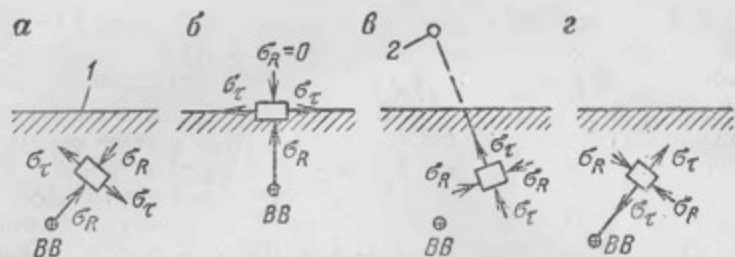


Рис. 7.2. Распределение главных напряжений при взрыве заряда ВВ в среде под действием:

а — прямой волны сжатия; б — волны сжатия и растяжения на границе раздела полупространства; в — отраженных волн растяжения; г — волн растяжения; 1 — открытая поверхность; 2 — зеркально отраженный центр заряда

объема разрушений, энергоемкость ее образования весьма высока. Одним из важнейших путей повышения эффекта дробящего действия взрыва является снижение геометрических размеров зоны пластических деформаций.

Разрушение среды при прохождении по массиву прямой волны сжатия происходит под действием усилий растяжения σ_t в том случае, когда элементарный объем ΔV имеет возможность сместиться в тангенциальном направлении и в среде образуется система трещин, радиально расходящихся от заряда в сторону открытой поверхности (рис. 7.3). В случае же, если подвижка ΔV в тангенциальном направлении исключается, например при камуфлетных взрывах или несжимаемой среде, объем разрушения под воздействием прямой волны сжатия ограничивается лишь образованием зоны пластических деформаций.

При дальнейшем распространении по массиву трансформированной из ударной волны — волны сжатия — возникновение разрушений возможно лишь на границе раздела полупространства, где σ_R обращается в ноль, а проявляется лишь действие тангенциальных напряжений σ_t (см. рис. 7.2), в результате которых в массиве возникает система трещин, перпендикулярных к открытой поверхности (см. рис. 7.3). Интенсивность роста и глубина прорастания таких трещин зависят главным образом от напряжений σ_t , образующихся на фронте волны сжатия на предельном расстоянии R , равном глубине заложения заряда от открытой поверхности.



Рис. 7.3. Распределение главных трещин разрушения при взрыве заряда ВВ в среде под действием:

1 — прямой волны сжатия; 2 — волны сжатия и растяжения на границе раздела полупространства; 3 — отраженных волн растяжения; 4 — волн разрежения; 5 — открытая поверхность

При подходе волны напряжения к границе раздела полупространства происходят отражение прямой волны сжатия и ее преобразование в отраженную волну растяжения, которая распространяется от центра мнимого заряда (зеркально отраженного заряда). При этом элементарный объем ΔV подвергается растяжению, в результате которого на границе раздела образуется система откольных трещин. По мере распространения отраженной волны растяжения в глубину массива напряжения на фронте ее снижаются. Объем разрушений, производимых ею, определяется общим запасом упругой энергии, накопленным средой при подходе волны сжатия к открытой поверхности.

Процесс полного разрушения массива зависит от действия волн сжатия в фазе разрежения, образующейся в результате падения давления в газовом пузыре зарядной камеры. Это приводит к тому, что элементарный объем ΔV , не разрушившийся в процессе прохождения по массиву прямой волны сжатия, разрушается при прохождении волны разрежения под действием σ_t . Это происходит потому, что прочность горных пород на сжатие примерно в 10 раз больше прочности их на растяжение. При этом под действием σ_t объем ΔV получает движение в сторону зарядной камеры (см. рис. 7.3), что приводит к образованию системы кольцевых трещин вокруг зоны пластических деформаций (зоны расположения заряда).

Таким образом, процесс разрушения массива горных пород, ограниченного открытой поверхностью, протекает не мгновенно, а в течение определенного времени Δt , когда система сил и напряжений, участвующих в разрушении, значительно изменяется в пространстве. Процесс хрупкого разрушения горных пород взрывом с физической точки зрения характеризуется одним видом разрушения — отрывом под действием растягивающих напряжений. Это и приводит к образованию указанных выше систем трещин, рассекающих массив горных пород.

Наличие в среде естественных трещин ведет к резкому перераспределению возникающих в нем напряжений и вызываемых ими деформаций. На границах поверхностей трещин происходит отражение волн сжатия с нарушением сплошности среды, определяя в дальнейшем разрушение отрывного характера по поверхности данной трещины.

При рассмотрении кинетики разрушения неоднородных трещиноватых горных пород следует иметь в виду не только характер напряженного состояния, но и скорость роста и глубину прорастания трещин, что связано с механизмом развития естественных трещин, существующих в среде, величиной действующей энергии взрыва и условиями ее перехода в энергию образования новых поверхностей и кинетическую энергию движущихся масс. При динамическом нагру-

жении горных пород предельная скорость развития трещин колеблется от 0,34 до 0,51 c_p , составляя в среднем 0,40 c_p . При наличии естественной трещиноватости среды ее сопротивление растяжению резко снижается. Поэтому трещиноватость породы, определяющую ее «дефектность» и прочность, можно рассматривать как один из основных критериев оценки склопности трещиноватых пород к разрушению.

Скорость развития трещин зависит не только от скорости продольной волны и «дефектности» среды, но и от условий ее нагружения. Процесс развития трещин, происходящий в три последовательных этапа, на каждом из них характеризуется своими параметрами, позволяющими классифицировать породы по степени их хрупкости и пластичности.

Этап медленного роста зародышей трещин связан главным образом с преодолением прочностных свойств пород и фактически может быть объяснен характером хрупкого или пластического разрыва зародышевых трещин, естественно существующих в среде.

Этап ускоренного роста трещин зависит главным образом от условий нагружения и упругопластических свойств среды, прочностные же ее свойства влияния не оказывают, так как преодоление прочностных связей завершается на этапе медленного роста трещин. С физической точки зрения второй этап образования трещин может быть объяснен взаимодействием нескольких зародышевых трещин, в результате которого разрушение приобретает самопроизвольный характер с резким на 2—4 порядка увеличением скорости разрушения. Такое разрушение возможно тогда, когда освобождающаяся энергия упругой деформации тела при развитии в нем трещины превышает энергию, необходимую на образование новых поверхностей растущей трещины.

Третий этап развития трещин определяется лишь скоростью распространения в среде упругих волн и скоростью перевода упругой энергии, накопленной средой, в поверхностную энергию трещин.

Физически распространение трещин с постоянной скоростью, близкой к скорости волны Релея, реализуется в режиме, соответствующем предельной скорости перевода упругой энергии, накопленной средой, в поверхностную энергию трещин.

В том случае, когда удельная плотность энергии превышает критическое значение, направление распространения трещины перестает быть направлением максимальных растягивающих напряжений, трещина ветвится, скорость ее развития снижается и рост трещин вообще прекращается. Следовательно, режим устойчивого распространения трещин с постоянной максимальной скоростью может быть реализован только при следующих критических энергетических условиях:

$$q = 1,25 \frac{\rho c_p}{Q_v}, \quad (7.1)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³; Q_v — потенциальная энергия, кДж/кг; ρc_p — акустическая жесткость массива пород, кг/м³·км/с.

При разрушении массива трещиноватых горных пород, акустическая жесткость которых существенно ниже акустической жесткости монолитных массивов горных пород, критическая энергоёмкость будет значительно ниже.

Увеличение удельного расхода энергии выше значения, обуславливающего предельную скорость перевода упругой энергии в поверхностную энергию трещин, не ведет, как показывают эксперименты, к улучшению качества дробления, так как рост трещин в этом случае замедляется ввиду их ветвления, но зато резко повышается эффект выброса вследствие перехода действия зарядов из области дробления в область выброса.

Это соответствует достижению критической энергоёмкости дробления.

Критическая энергоёмкость дробления горных пород взрывом может быть определена на основе теории дробления, принятой в обогащении. Согласно данной теории, при дроблении куба с ребром соответственно объемом D^3 до $\frac{D^3}{2}$, $\frac{D^3}{2}$ до $\frac{D^3}{4}$ и т. д. затраты

энергии дробления изменяются следующим образом: $2 \frac{D^3}{2} = D^3$; $4 \frac{D^3}{4} = D^3$; $8 \frac{D^3}{8} = D^3$; $n \frac{D^3}{n} = D^3$ или суммарно D^3 ; $2 D^3$; $4 D^3$; ..., $n D^3$. В то же время число частиц меняется как $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^0$, т. е. энергия дробления изменяется как показатель степени числа частиц θ и поэтому пропорциональна $\lg \theta$.

Тогда суммарный расход энергии в соответствии с теорией проф. В. Л. Кирпичева:

$$W_{др} = a \left(\lg \frac{D}{d_0} \right) \Sigma p_i, \quad (7.2)$$

где a — коэффициент пропорциональности; D — средний диаметр кусков до дробления; d_0 — средний диаметр кусков после дробления; Σp_i — сумма массовых единиц или суммарный объем разрушения.

Коэффициент пропорциональности a характеризует удельную объемную энергию разрушения при действии взрыва в однородной монолитной породе. С учетом коэффициента крепости пород по шкале проф. М. М. Протодаконова f он равен

$$a'_\Sigma = 10 (2 - \mu) f. \quad (7.3)$$

При разрушении трещиноватых горных пород, у которых практически полностью отсутствует сопротивление растяжению, когда разрушение по своему механизму переходит от объемного к поверхностному, удельная объемная энергия разрушения может быть определена как

$$a_{\Sigma}'' = 5(5 - \mu)f. \quad (7.4)$$

При разрушении нарушенных горных пород, у которых практически отсутствует не только сопротивление растяжению, но и сопротивление сдвигу, когда разрушение по своему механизму близко к линейному, удельная объемная энергия разрушения составит

$$a_{\Sigma}'' = 10(2 + \mu)f. \quad (7.5)$$

На основании полученных данных, если обозначить объем разрушаемой среды через V , а показатель степени числа частиц в гранулометрическом составе взорванной горной массы — через $N =$

$= \sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_{1,...,m}}$ и учесть характер изменения энергоёмкости разрушения в зависимости от скорости нагружения среды v_n , удельные затраты энергии на дробление могут быть выражены как

$$W_{др} = a_{\Sigma} \sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_{1,...,m}} \left(1 + \frac{0,06}{\sqrt{f}} \lg v_n \right), \quad (7.6)$$

где v_n — скорость нагружения пород, Па/с.

Кинетическая энергия разлета разрушенных взрывом кусков может быть определена из условий, что скорость перемещения их не постоянна, а изменяется в пространстве и по времени по законам внешней баллистики. Для отделения от массива частицы должны обладать некоторой начальной скоростью движения v_0 .

Если принять, что движение разрушенной массы происходит подобно газовому облаку при переменных его плотности и объеме, то масса перемещающегося «облака» m может быть представлена в виде

$$m = \int_{V_1}^{V_2} \rho dV.$$

Тогда, согласно закону сохранения массы и явлению «неразрывности движения», в каждый момент времени масса движущихся частиц остается постоянной. Следовательно, в любой момент времени $\rho r = \text{const}$, откуда

$$m = c \ln \frac{V_2}{V_1},$$

но так как $\frac{V_2}{V_1} = k_p$ — коэффициент разрыхления, то

$$m = V \rho \ln k_p; \\ W_p = \frac{V \rho \ln k_p}{2g} v_0^2 10^{-3}. \quad (7.7)$$

С учетом уравнений (7.2)–(7.7) суммарные затраты на дробление и перемещение горных пород взрывом составят:

$$W_{\Sigma} = V \left[a_{\Sigma} \sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_{1,...,m}} \left(1 + \frac{0,06}{\sqrt{f}} \lg v_n \right) + \frac{\rho \ln k_p}{2g} v_0^2 10^{-3} \right]. \quad (7.8)$$

В практике инженерных расчетов общая энергоёмкость процесса разрушения оценивается через массу заряда Q , обладающего удельной потенциальной энергией Q_v , как $W_e = Q \cdot Q_v$. При этом выражение Q/V определяет удельный расход ВВ q , реализуемый в процессе дробления и перемещения пород взрывом с КПД по механической работе разрушения и выброса η . Тогда общее выражение (7.8) по определению удельной энергоёмкости процесса разрушения и перемещения пород взрывом может быть представлено как

$$q = \frac{a_{\Sigma} \sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_{1,...,m}} \left(1 + \frac{0,06}{\sqrt{f}} \lg v_n \right) + \frac{\rho \ln k_p}{2g} v_0^2 10^{-3}}{\eta Q_v}. \quad (7.9)$$

КПД взрыва обычно составляет 4–5%. Значение его несколько снижается при разрушении трещиноватых и нарушенных горных пород.

Полученное уравнение выражает общий энергетический закон дробления и перемещения горных пород взрывом.

Закон критической энергоёмкости отличается своей реализацией в зависимости от зон действия взрыва.

I — зона активного дробления горных пород взрывом при скорости развития трещины, близкой к скорости воли Релея. В этой зоне удельная плотность энергии

$$q = \frac{1,25 \rho c_p}{Q_v} \quad (7.10)$$

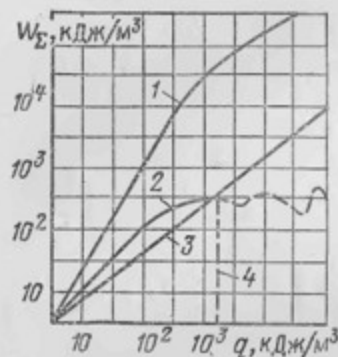


Рис. 7.4. Зависимость общей энергоемкости процесса разрушения и перемещения пород взрывом от его удельной энергии:

1 — суммарная энергия; 2 — энергия дробления; 3 — энергия разлета; 4 — критическая энергоемкость

Графическое изображение закона критической энергоемкости показано на рис. 7.4.

Точка, соответствующая пересечению графиков 2 и 3 (рис. 7.4), условно обозначенная 4, соответствует критической энергоемкости дробления и перемещения горных пород.

II — переходная зона регулируемого разрушения горных пород взрывом, где удельная плотность энергии ниже ее критического значения. В этой зоне по мере снижения удельной плотности энергии наблюдается и снижение скорости роста трещин. Так как процесс ускоренного развития трещины начинается при значениях удельной плотности энергии на порядок ниже тех ее значений, которые обуславливают критическое развитие трещин, при $q = \frac{0,125 \rho c_p}{Q_V}$

и $q = \frac{Q}{4/3 \pi R_2^3}$, радиус зоны перехода от регулируемого разрушения горных пород взрывом к нерегулируемому составит

$$0,58 \sqrt[3]{\frac{QQ_V}{\rho c_p}} < R_2 < 1,25 \sqrt[3]{\frac{QQ_V}{\rho c_p}}. \quad (7.12)$$

Управление качеством и степенью дробления горных пород взрывом в этой зоне возможно путем повышения удельной плотности энергии (удельного расхода ВВ) без перевода действия зарядов из области дробления в область выброса.

соответствует предельной скорости перевода упругой энергии в поверхностную энергию трещин и дробление происходит по всей сети естественных микро- и макротрещин. Радиус этой зоны активных трещин R_1 может быть определен из условия, что $q =$

$$= \frac{Q}{\frac{4}{3} \pi R_1^3}, \text{ как}$$

$$R_1 < 0,58 \sqrt[3]{\frac{QQ_V}{\rho c_p}}, \quad (7.11)$$

где Q — масса заряда ВВ, кг; Q_V — потенциальная энергия, кДж/кг; ρ — плотность массива горных пород, кг/м³; c_p — скорость продольных волн, км/с.

III — зона нерегулируемого разрушения горных пород взрывом, где удельная плотность энергии меньше, чем в зоне II, характеризуется тем, что разрушение здесь происходит лишь по наиболее ослабленным дефектам и носит в целом вероятностный характер. Радиус зоны неуправляемого разрушения составляет

$$R_3 \geq 1,25 \sqrt[3]{\frac{QQ_V}{\rho c_p}}. \quad (7.13)$$

Управление качеством и степенью дробления горных пород взрывом в этой зоне возможно за счет механического дробления кусков при их соударениях при повышении удельной плотности энергии, использовании короткозамедленного взрыва.

Принципиальной особенностью представленных зависимостей является учет в них не только физических параметров разрушаемых пород — крепости f , коэффициента Пуассона μ , плотности ρ , коэффициента разрыхления и параметров взрыва — потенциальной энергии ВВ, скорости нагружения, коэффициента полезного действия взрыва, но и заданного качества дробления

$\sum_{i=1}^m \lg \frac{D}{d_{i,\dots,m}}$, определяющего удельный расход ВВ, необходимый для достижения заданной степени дробления.

7.3. СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА ОКРУЖАЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ

Необходимость защиты окружающей среды и инженерных сооружений от сейсмического действия промышленных взрывов и ударных воздушных волн возникла в последние годы в связи с созданием: высокопроизводительных буровых станков для открытых и подземных горных работ, позволяющих обуривать значительные объемы горной массы и применять многорядное взрывание уступов, взрывание в зажатой среде с сохранением геологической структуры массива — на открытых горных работах; систем подэтажного и этажного принудительного обрушения, подэтажных штреков и ортов, слоевого обрушения — на подземных работах. Их эффективная реализация возможна только при условии резкого повышения величин одновременно взрывааемых зарядов ВВ.

За короткое время масса одновременно взрывааемых зарядов ВВ повысилась на открытых горных работах с 20—30 до 200—300 т, а в отдельных случаях до 500—1000 т, на подземных работах — с 5—6 до 20—30, а в отдельных случаях до 50—100 т.

Распространение упругих сейсмических волн характеризуется скоростью массового смещения среды u (см/с) и периодом колебаний

среды T (с). На основании этих параметров возможно также определение таких параметров сейсмических волн, как амплитуда смещения S , см; ускорение смещения j , см/с²; энергия сейсмических колебаний W_s , кДж.

Общепринятыми критериями оценки интенсивности сейсмических колебаний являются скорость частиц u и энергия колебаний W_s :

$$W_s = \int_0^t u^2 dt. \quad (7.14)$$

В целях выражения параметров сейсмических волн в зависимости от массы заряда ВВ Q и расстояния до места взрыва R , общепринята их интерпретация через параметры энергетического и геометрического подобия:

$$\bar{Q} = \frac{\sqrt[3]{Q}}{R}; \quad \bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{Q}}. \quad (7.15)$$

Тогда смещение, скорость и период сейсмических колебаний могут быть выражены соответственно как

$$S = \frac{k_1 t}{2n \sqrt[3]{f(n)}} \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{n_1}; \quad (7.16)$$

$$u = k_2 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{n_2}; \quad (7.17)$$

$$t = k_3 \lg R, \quad (7.18)$$

где $f(n)$ — функция показателя действия взрыва; k_1, k_2, k_3 — эмпирические коэффициенты грунтовых условий; n_1 и n_2 — показатели степени затухания сейсмических колебаний.

Управление сейсмическим действием взрыва возможно за счет изменения массы заряда ВВ Q и расстояния до центра взрыва R . Изменение эмпирических коэффициентов грунтовых условий и показателей степени затухания сейсмических колебаний существенно зависит от условий взрывания, которые устанавливаются экспериментально.

Анализ волновой картины действия взрыва в горных породах показывает, что если в области действия ударных волн затухание напряжений и соответственно скорость смещения пропорциональны R^{-2} (в отдельных случаях, в средах высокой сжимаемости, R^{-4}), в области упругопластических волн R^{-2} (в отдельных случаях R^{-3}), то в области сейсмических волн затухание скорости смещения пропорционально R^{-1} и только в зоне ближнего действия взрыва, где наблюдается нелинейно упругое поведение пород, $R^{-1.5}$, а в зоне рас-

пространения поверхностных волн $R^{-0.5}$. В сейсмическую волну переходит около 1 % потенциальной энергии ВВ, что упрощает сейсмическую защиту инженерных сооружений от действия взрыва.

Общепринятым критерием оценки сейсмического действия взрывов в СССР является допустимая скорость колебаний в преобладающей по интенсивности волне u . В США и ряде других стран (Швеция, Канада) критерием сейсмической безопасности служит уровень допустимой энергии сейсмической волны. Совместные расчеты по данным критериям показывают, что их количественные параметры принципиально не отличаются. Если в СССР допустимая скорость колебаний для гражданских и промышленных сооружений находится в пределах 1—12 см/с, то безопасный уровень сейсмической энергии, принятый за критерий в США, предусматривает допустимую скорость колебаний в пределах 3—12 см/с.

Анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных по изучению составляющих колебаний по осям x, y, z в скальных породах, показывает, что в области расстояний $R < 6 \sqrt[3]{Q}$, где преобладает по интенсивности продольная волна, основная энергия сейсмических колебаний (до 100 %) связана с горизонтальной составляющей скорости колебаний u_x этой волны; в области $6 \sqrt[3]{Q} < R < 30 \sqrt[3]{Q}$, где наблюдается переход преобладающих колебаний от продольной к поверхностной волне, доля горизонтальной составляющей снижается с 85—90 до 35—42 % и в области $R > 30 \sqrt[3]{Q}$, где преобладают поверхностные волны, составляющие скоростей колебаний распределяются по осям x, y, z примерно равнозначно. Таким образом, в наиболее опасной области сейсмических колебаний при $R < 30 \sqrt[3]{Q}$ максимум сейсмической энергии связан с горизонтальными составляющими колебаний в продольной волне, тогда как вертикальные и поперечные колебания быстро затухают. Это дает основание в скальных породах оценивать сейсмическое действие взрыва на здания и сооружения по допустимой скорости колебаний одной горизонтальной составляющей продольной волны, несущей в области $R < 30 \sqrt[3]{Q}$ около 80 % сейсмической энергии. Допустимой скоростью колебаний называется такая скорость, при которой сохранение зданий или сооружений полностью гарантировано, а возможные локальные деформации не превысят прогнозируемые. Наряду с допустимой скоростью u_0 для решения некоторых практических задач необходимо введение такого понятия, как предельная скорость колебаний $u_{пр}$, соответствующая граничным условиям сохранности зданий или сооружений. При возбуждении в массиве пород скорости колебаний выше допустимой u_0 сохранность зданий или сооружений носит вероятностный характер. Критической

скоростью колебаний может быть названа предельно допустимая скорость, выше которой сохранность зданий или сооружений реализуется с вероятностью менее 0,5.

Определение допустимых и предельных скоростей колебаний для гражданских и промышленных зданий и сооружений может осуществляться на основании специальной шкалы, разработанной для оценки последствий землетрясений, но применимой с известным коэффициентом надежности и для оценки последствий взрывов. Эта шкала имеет XII баллов.

Сейсмические колебания в области от I до V баллов не причиняют вреда сооружениям, а большие (от X до XII) недопустимы по техническим условиям.

Таблица 7.1

Шкала оценки величин сейсмических воздействий на промышленные здания и сооружения

Балл	Характеристика колебаний и вызываемых ими нарушений	Допустимая скорость, см/с	Предельная скорость, см/с
I	Колебания отмечаются только приборами	0,1	0,2
II	Колебания ощущаются в отдельных случаях при тишине	0,2	0,4
III	Колебания ощущаются некоторыми людьми или знающими о взрыве	0,4	0,8
IV	Колебания отмечаются многими людьми, дребезжание стекол	0,8	1,5
V	Осыпание побелки; повреждение штукатурки и отдельных ветхих зданий	1,5	3,0
VI	Тонкие трещины в штукатурке, повреждение зданий, имевших деформацию	3,0	6,0
VII	Повреждение зданий, находившихся в удовлетворительном состоянии; трещины в штукатурке, падение кусков штукатурки, тонкие трещины в сочленениях стенок и перекрытий; трещины в печах, трубах	6,0	12,0
VIII	Значительные повреждения зданий, трещины в несущих конструкциях и стенах, большие трещины в перегородках, падение печных труб, обвалы штукатурки	12	24
IX	Разрушение зданий, большие трещины в стенках, расслоение кладки, падение некоторых участков стен	24	48
X—XII	Большие разрушения и обвалы зданий	>24	>48

Представленная шкала (табл. 7.1) учитывает характер сотрясений, допустимую и предельную скорости колебаний и возможные в этих условиях нарушения зданий и сооружений. Из представленных данных видно, что для обеспечения полной безопасности сооружений допустимые колебания должны относительно предельных быть снижены на один балл, поэтому рекомендуется принимать: для ветхих зданий — IV балла; для зданий, имеющих деформацию, V баллов и зданий, находящихся в удовлетворительном состоянии, VI баллов.

Допустимая скорость колебаний зависит от назначения и состояния зданий и сооружений того или иного класса. В соответствии со СНиП II-A.3—62 и СНиП II-A.12—69 промышленные здания и сооружения могут быть подразделены на IV класса:

I класс* — особо ответственные здания и сооружения общесоюзного и республиканского значений, исторические и архитектурные памятники, ведение взрывных работ вблизи которых возможно лишь в исключительных случаях;

II класс — сооружения промышленного назначения большой важности: трубы, здания цехов больших размеров, копры шахт, водонапорные башни и т. п. со сроком службы более 20—30 лет; здания и сооружения гражданского назначения с большим скоплением людей, жилые дома, кинотеатры, дома культуры и т. п.;

III класс — сооружения промышленного и служебного назначения сравнительно небольших размеров в плане и не выше трех этажей по высоте; механические мастерские, компрессорные, бытовые комбинаты и т. п.; здания гражданского назначения с небольшим скоплением людей, жилые дома, магазины, служебные помещения и т. п.;

IV класс — здания промышленного и гражданского назначения с ценными и дорогостоящими машинами и приборами, нарушения которых не угрожают жизни и здоровью людей; складские помещения, экипировочные пункты для транспорта, здания автоматизированных холодильников, компрессорных установок и т. п.

Если в группе зданий находится несколько сооружений различных классов, то допустимая скорость принимается для наиболее важных зданий и сооружений или для наиболее нарушенных из них с тем, чтобы принятая скорость была минимальна. Допустимые скорости колебаний грунта в основаниях зданий и сооружений в зависимости от их класса приведены в табл. 7.2.

Наиболее характерными деформациями, наблюдаемыми в зданиях при действии взрыва, являются трещины в несущих конструкциях, расслоение кирпичной кладки, нарушение связей между отдельными

* Отнесение зданий и сооружений к I классу — особо ответственных зданий — утверждается Госстроем СССР или госстроем союзных республик.

Таблица 7.2

Рекомендуемые допустимые скорости колебаний грунта для зданий и сооружений разных классов

Характеристика зданий и сооружений	Допустимая скорость колебаний грунта по классам сооружений, см/с		
	II	III	IV
Здания и сооружения промышленного или гражданского назначения с железобетонным или металлическим каркасом с навесными панелями или легким заполнителем, имеющие антисейсмические усиления. Качество строительных работ хорошее, без отклонений от расчетной схемы. Остаточных деформаций в несущих элементах, конструкциях и заполнителе не имеется	5,0	7,0	10,0
Здания и сооружения с железобетонным или металлическим каркасом с заполнителем без антисейсмических усилений. Остаточных деформаций не имеется	2,0	5,0	7,0
Каркасные здания, заполнитель — кирпичная или каменная кладка, трещины в заполнителе. Новое или старое крупноблочное или кирпичное здание без антисейсмических усилителей. Качество строительных работ хорошее. Остаточных деформаций не имеется	1,5	3,0	5,0
Каркасные здания, имеющие значительные нарушения в заполнителе и трещины в каркасе. Новое или старое здание из кирпича или крупных блоков, имеющее отдельные небольшие трещины в несущих стенах и перегородках	1,0	2,0	3,0
Старое или новое здание каркасного типа, имеющее трещины в каркасе, нарушения связей между отдельными элементами. Кирпичное или крупноблочное здание с несущими стенами, имеющими значительные нарушения в виде косых трещин, трещин в углах и т. п.	0,5	1,0	2,0
Нарушения железобетонного каркаса, коррозия арматуры каркаса, крупные трещины в заполнителе. Здания с несущими стенами, имеющие значительное количество трещин, нарушения связей между наружными и внутренними стенами и т. п. Крупнопанельные здания, не усиленные антисейсмически	0,3	0,5	1,0

элементами. В зданиях и сооружениях, имеющих антисейсмические усиления, серьезных деформаций в несущих элементах не наблюдается, поэтому все антисейсмические мероприятия относятся к зданиям и сооружениям без специальных антисейсмических усилений.

Для решения задач по устойчивости при сейсмическом действии взрыва сооружений в горных породах (бортов карьеров, стволов шахт, штолен, гидротехнических тоннелей и бортов каньонов, камерных и подкарьерных целиков и др.) критерии, приведенные в табл. 7.2, непригодны, так как они относятся к строительным конструкциям. При выборе допустимых скоростей колебаний в сплошных средах большое значение имеет общая оценка деформационных свойств горных пород. Известные из эксперимента скорости колебаний массивов горных пород имеют лишь частное значение для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий.

Скорости колебаний (см/с) массивов горных пород в зависимости от характеристики разрушений приведены ниже.

Повреждений нет	<20
Незначительное развитие имеющихся трещин, отдельные вывалы пород с участков, ранее ослабленных взрывными работами	20—50
Интенсивное развитие имеющихся трещин и заколов, сопровождающееся мелкими вывалами кусков пород размером до $0,2 \times 0,2 \times 0,2$ м, появление трещин в мягких заполнителях тектонических нарушений, обрушение откосов уступов по тектоническим трещинам	50—100
Развитие притертых тектонических трещин, заколы и средние вывалы размером $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м по плоскостям ослаблений	100—150
Обрушение стенок и кровли выработок по тектоническим трещинам, образование трещин и заколов в ненарушенном массиве, разрушение целиков, обрушение уступов	150—300
Сплошное обрушение стенок и кровли выработок, образование крупных вывалов размером $1 \times 1 \times 1$ м, завал выработок до половины первоначального сечения, обрушение бортов в самых прочных породах	300—400
Полное нарушение сплошности массива, обрушение крупных блоков размерами свыше $1 \times 1 \times 1$ м, завал более половины первоначального сечения выработок	>400

В таких средах в области некоторого напряжения σ_s как сжатие, так и разгрузка горных пород происходит упруго, т. е. по одному и тому же закону без остаточных деформаций, а при $\sigma > \sigma_s$ — по разным законам с остаточной деформацией (рис. 7.5). Следовательно, при $\sigma_1 > \sigma_s$ в среде могут образоваться остаточные деформации, величина которых будет зависеть от максимального напряжения на фронте волны, действию которого подвергается среда при прохождении сейсмической волны. Накопление остаточных де-

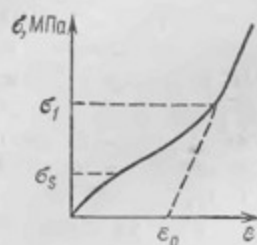


Рис. 7.5. Модель деформации сплошной упругопластической среды

формаций ϵ_0 при последовательном многократном производстве взрывных работ может привести к потере устойчивости и обрушению горных пород.

Деформации горных пород за пределами упругости наблюдаются при их относительных величинах, превышающих 0,0002—0,0003. Очевидно, что из условий упругого поведения горных пород относительная деформация $\epsilon_0 = 0,0002 \div 0,0003$ и должна приниматься в качестве допустимой, гарантирующей устойчивость горных пород при многократном производстве взрывов. Тогда

в зависимости от упругопластических свойств горных пород и их относительной деформации

$$u_0 = \frac{0,375 \left(c_p^2 - \frac{4}{3} c_s^2 \right) \left[1 + (1 - 2\mu) \epsilon_0^{8/3} - 1 \right]}{c_p \left[1 + (1 - 2\mu) \epsilon_0 \right]^4} \cdot 10^2. \quad (7.19)$$

Допустимая относительная деформация горных пород установлена в соответствии с классификацией защищаемых сооружений по их ответственности и сроку эксплуатации (табл. 7.3), а допустимая скорость колебаний в соответствии с табл. 7.4.

Таблица 7.3

Рекомендуемые допустимые значения упругих деформаций для сооружений разных классов

Класс сооружений	Характеристика сооружений, срок их эксплуатации	Допустимая упругая деформация
I	Особо ответственные сооружения длительного срока эксплуатации (более 10—15 лет): гидротехнические тоннели, стволы шахт, капитальные штольни, камеры дробления, водоотлива, околоствольные дворы	0,0001
II	Ответственные сооружения со сроком эксплуатации более 5—10 лет: обводные и транспортные тоннели гидротехнических сооружений, надкамерные целики, квершлагги, уступы карьеров, отвалов	0,0002
III	Кратковременно эксплуатируемые сооружения (от 1 до 5 лет): камеры, уступы, штреки	0,0003
IV	Неответственные сооружения со сроком эксплуатации до 1 года: очистные блоки, рабочие уступы, рабочие борты карьеров и др.	0,0005

Критическая скорость колебаний u может быть определена как удвоенная величина допустимой скорости u_0 .

Определение количественных параметров сейсмического действия взрыва в конкретных горно-геологических условиях рудников и карьеров осуществляется на основании решения равенства между допустимой скоростью и той скоростью, которая формируется в среде при взрыве заряда массой Q на расстоянии R от сооружения:

$$u = k \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^n. \quad (7.20)$$

Определение скорости сейсмических колебаний в конкретных горно-геологических условиях может осуществляться экспериментально путем специальных сейсмических исследований. В результате исследований, выполненных на различных рудниках и карьерах, установлено (табл. 7.5), что скорость колебаний зависит от свойств массивов горных пород и тех условий, которые определяют положение защищаемого объекта по отношению к месту взрыва. Для предварительной оценки параметров сейсмического действия взрыва с до-

Таблица 7.4

Рекомендуемые допустимые скорости колебаний для сооружений разных классов в различных породах

Характеристика горных пород	Крепость пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Скорость прохождения продольной волны, км/с	Допустимая скорость колебаний для сооружений, см/с			
			I класса	II класса	III класса	IV класса
Рыхлообломочные отложения и наносы	0,5—1	1—2	4,08	8,2	12,2	20,4
Сильнотрещиноватые породы с глиной и высокой пористостью	1—3	2—3	6,8	13,6	20,3	34,0
Скальные породы со значительной естественной трещиноватостью	3—5	3—4	9,5	19,0	28,4	47,5
Относительно монолитные породы с отдельными трещинами и пустотами	5—9	4—5	12,2	24,4	36,7	60,0
Монолитные породы слабо-трещиноватые	9—14	5—6	14,9	29,8	44,6	74,5
Очень крепкие и монолитные породы практически без трещин	14—20	6—7	17,8	35,6	53,3	89,0

Таблица 7.5

Рекомендуемые расчетные формулы для определения скорости колебаний на карьерах и в подземных условиях

Наименование пород и условий взрывания	Скорость волны, м/с		Скорость колебаний, см/с
	продольной	поперечной	
Массивные окремненные известняки и джаспероиды, взрывание скважин на карьере	2500—3000	1600—1800	$270 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,92}$
Углисто-глинистые и слюдяные сланцы, взрывание на карьере	2000—2500	1000—1300	$200 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,75}$
Известняки силлур, взрывание на карьере	2400	1300	$650 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{2,0}$
Углисто-глинистые, углито-кремнистые, слюдяно-глинистые сланцы, взрывание на карьере	1900	1000	$750 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{2,0}$
Крупноблочные гранодиоритпорфиры, взрывание на карьере	2230	1230	$256 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,8}$
Сильноокварцованные и слабоокварцованные сленитдиориты, взрывание на карьере	2500—3300	1360—1800	$200 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,52}$
Крупноблочные трещиноватые известняки, взрывание на карьере	2730	1500	$330 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,85}$
Амфиболиты и амфиболовые сланцы, взрывание в подземных условиях	5000	3600	$115 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,5}$
Углистые, углито-кремнистые и углито-карбонатные сланцы, темные и светлые филлиты, взрывание в подземных условиях	2000—2500	1000—1300	$230 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,2}$
Известняки силлур, взрывание в подземных работах	2400	1300	$265 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,57}$
Углисто-кремнистые, углито-глинистые и слюдяно-глинистые сланцы, взрывание на подземных работах	1900	1000	$310 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,5}$

Продолжение табл. 7.5

Наименование пород и условий взрывания	Скорость волны, м/с		Скорость колебаний, см/с
	продольной	поперечной	
Массивные окремненные известняки и джаспероиды, взрывание на карьере с регистрацией взрывов под землей	2500—3000	1600—2000	$115 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,6}$
Углисто-глинистые и слюдяные сланцы, взрывание на карьере с регистрацией взрывов под землей	2000—2500	1000—1300	$106 \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,5}$

статочной для практических целей точностью расчеты могут быть выполнены с использованием зависимости

$$u = 7,5 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{q}{c_p \rho \tau}} \left[\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right]^{1,5} \quad (7.21)$$

Как следствие обобщения экспериментальных данных табл. 7.5 и зависимостей, вытекающих из формул (7.20)—(7.21), сейсмобезопасная масса заряда ВВ при защите зданий и сооружений может быть представлена как

$$Q = \frac{u_0^2 R^4}{c_p} \cdot 10^{-3} \quad (7.22)$$

На основании зависимости (7.22) построена номограмма (рис. 7.6) для определения сейсмобезопасных параметров взрывных работ при безопасной скорости колебаний зданий и сооружений, получаемой из данных табл. 7.2. Пользование номограммой очевидно из рис. 7.6.

Для определения сейсмобезопасных параметров действия взрывов при сейсмической защите сооружений, располагаемых в горных породах, удобнее использовать зависимость, вытекающую из данных табл. и формулы (7.21), в предположении, что деформация горных пород осуществляется в пределах упругости. Если при этом в зависимости (7.22) масса заряда ВВ обратно пропорциональна скорости распространения в среде взрывных волн, что отражает фильтрующие свойства массива горных пород в процессе его сейсмических колебаний, то при определении сейсмобезопасных параметров взрывания при упругой деформации горных пород масса заряда ВВ пря-

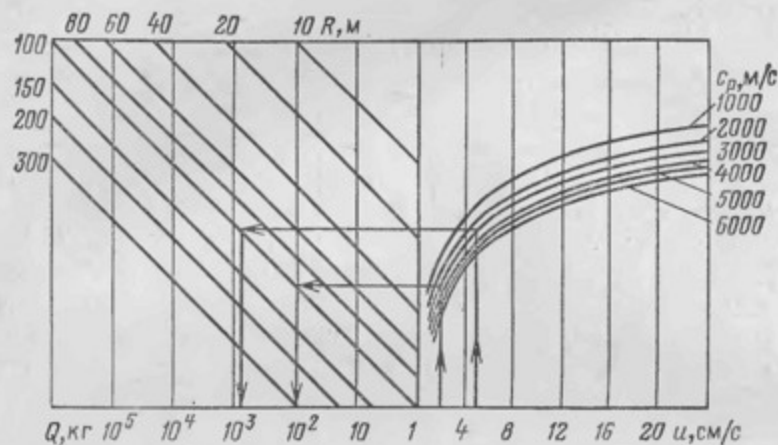


Рис. 7.6. Номограмма по определению сейсмобезопасных параметров взрыва для зданий и сооружений

мо пропорциональна скорости сейсмических волн, отражая этим повышение прочностных свойств горных пород:

$$Q = \frac{R^4 c_p^4 [1 + (1 - 2\mu) \varepsilon_0]^{8/3} - 1]^{2.5}}{10^{10}}. \quad (7.23)$$

Зависимость (7.23) для оперативных расчетов преобразована в соответствующую номограмму (рис. 7.7).

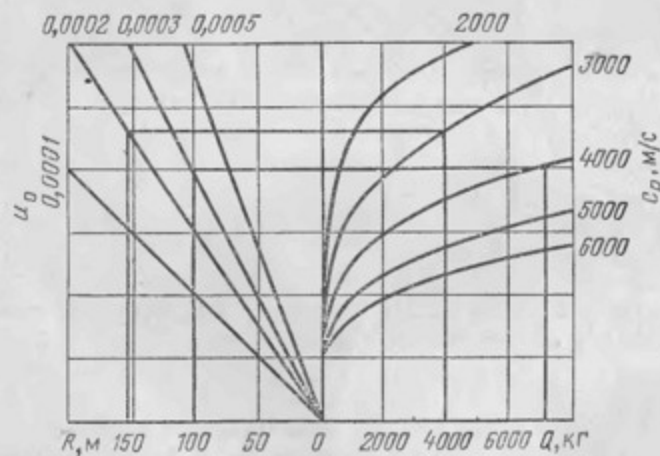


Рис. 7.7. Номограмма к определению сейсмобезопасных параметров взрыва для сооружений в горных породах

Количественно оценка сейсмического действия взрыва при изменении некоторых его параметров может осуществляться путем введения в зависимости по определению конечной величины заряда Q_i ряда эмпирических коэффициентов $k_{1,2,3,4,\dots,n}$, т. е.

$$Q_j = k_1 k_2 k_3 k_4 k_n. \quad (7.24)$$

Количественное определение коэффициентов $k_1, \dots, k_n$ в каждом из конкретных случаев рассмотрено ниже.

Коэффициент глубины заложения зарядов k_1 определяется из тех условий, что сейсмическое действие взрыва тем меньше, чем больше его энергии использовано в зоне дробления: при увеличении или снижении глубины заложения заряда выше или ниже радиуса зоны регулируемого дробления сейсмическое действие взрыва увеличивается, что в целом может быть отражено зависимостью вида

$$k_1 = \sqrt{\frac{c_p}{c_s}} \frac{\sqrt[3]{Q}}{W}. \quad (7.25)$$

или с учетом, что удельный расход ВВ $q = \frac{Q}{W^3}$:

$$k_1 = \sqrt[3]{q} \sqrt{\frac{c_p}{c_s}}, \quad (7.26)$$

где c_p — скорость продольной волны, м/с; c_s — скорость поперечной волны, м/с; Q — масса заряда ВВ, кг; W — линия наименьшего сопротивления, м; q — удельный расход ВВ, кг/м³.

При условии, что $W < \sqrt{\frac{c_p}{c_s}} \sqrt[3]{Q}$, масса заряда ВВ может

быть несколько увеличена против расчетной, а при $W > \sqrt{\frac{c_p}{c_s}} \sqrt[3]{Q}$ необходимо снижение величины заряда в целях повышения сейсмобезопасности взрывов.

Коэффициент геометрии заряда k_2 в зависимости от диаметра применяемых зарядов составляет

$$k_2 = \left[\frac{d_i}{d_0} \right]^{5/9n}. \quad (7.27)$$

Следовательно, при повышении диаметра заряда d_i по отношению к исходному d_0 сейсмическая опасность взрывных работ возрастает и наоборот.

Коэффициент степени свободы разрушаемого объема k_3 определяется из тех соображений, что, чем выше степень зажима среды, разрушаемой взрывом, тем больше энергии ВВ переходит в энергию волны сжатия, определяющей сейсмическую

Таблица 7.6

Коэффициент степени свободы разрушаемого объема

Условия взрыва	Число открытых поверхностей	Коэффициент k_2
Взрыв в обычном фронтальном забое	2	1,0
Взрыв в забое с одной открытой поверхностью (проведение траншей, горных выработок, взрывание на неубранную горную массу, многорядное взрывание более шести рядов и т. д.)	1	0,25
Взрывы в целиках с четырьмя открытыми поверхностями	4	4,0

обстановку в ближней зоне. В зависимости от условий взрыва сейсмически безопасная масса заряда ВВ должна изменяться как (табл. 7.6)

$$k_3 = 0,25N^2. \quad (7.28)$$

Коэффициент потенциальной энергии ВВ k_4 , определяющий сейсмическую активность зарядов ВВ, особенно в ближней зоне, зависит от скорости детонации ВВ и его потенциальной энергии. Коэффициент сейсмической активности ВВ относительно эталонного ВВ типа аммонита 6ЖВ с потенциальной энергией Q_{V_0} может быть выражен как

$$k_4 = \sqrt[3]{\frac{Q_{V_i}}{Q_{V_0}}}. \quad (7.29)$$

Следовательно, при использовании мощных ВВ типа скального аммонита № 1, детонита М сейсмобезопасная масса заряда ВВ Q должна быть снижена на 10—12 %, при использовании взрывчатых веществ типа игданита, гранулита С-2 или М масса заряда ВВ может быть повышена на 8—10 % без увеличения его сейсмического действия.

Коэффициент короткозамедленного взрыва k_5 определяет необходимость принимать на одно замедление $2/3$ величины расчетного заряда, сейсмобезопасного при мгновенном взрывании. В расчетах по формуле (7.24) это учитывается коэффициентом $k_5 = 2/3$. Однако при этом не ограничивается количество последовательно взрывааемых ступеней замедления при условии, что время замедления превышает время существования положительной фазы волны напряжения, т. е.

$$t_2 > \alpha \lg R, \quad (7.30)$$

где α — коэффициент условий взрыва, составляющий 0,11—0,13 для торфяников, 0,06—0,03 для наносов средней прочности и 0,01—0,03 для скальных пород.

Коэффициент концентрации взрывных работ k_6 основан на том, что при многократном производстве взрывных работ допустимая масса ВВ снижается согласно следующим данным:

Число взрывов в год	10	50	100	250	500
Коэффициент снижения массы зарядов ВВ k_6	0,98	0,90	0,72	0,64	0,56

Значения коэффициента ориентации взрываемых блоков относительно окружающих сооружений k_7 , изменяющиеся в зависимости от места расположения взрываемого объекта относительно взрыва, приведены ниже.

В тылу взрываемого блока (детонация направлена вдоль блока)	1,0
На фланге взрываемого блока, детонация направлена:	
от объекта	5—6
в сторону объекта	2
Со стороны фронта взрываемого блока (детонация направлена вдоль блока)	2

Учет коэффициента k_7 имеет важное значение в сейсмической защите стационарных инженерных сооружений путем соответствующей ориентировки взрываемых блоков по отношению к ним и в выборе места расположения минной станции.

Коэффициент естественного экранирования сейсмических волн k_8 исходит из тех условий, что если между очагом взрыва и защищаемым объектом находится выработанное пространство: карьер, глубокие овраги, выемки, зоны тектонических нарушений, карстовые воронки и полости, заполненные нецементированным материалом, то в этом случае масса сейсмобезопасного заряда ВВ может быть увеличена, что учитывается коэффициентом $k_8 = 2 \div 4$.

Коэффициент искусственного экранирования сейсмических волн k_9 применяется в том случае, когда между очагом взрыва и защищаемым сооружением создан искусственный экран с акустической жесткостью в 3—5 раз ниже акустической жесткости окружающих пород. В этом случае, как известно, скорость за таким искусственным экраном снижается в 2—3 раза, а масса сейсмобезопасного заряда может быть увеличена в 4—9 раз, что и учитывается коэффициентом $k_9 = 4 \div 9$.

Сейсмическая защита инженерных сооружений в практической деятельности рудников, карьеров и гидротехническом строительстве на скальных основаниях позволяет получать значительный экономи-