

СПИСОК ВОПРОСОВ

А. А. ВОЗК

Справочник
ВЗРЫВНИКА

А. А. ВОБК

СПРАВОЧНИК
ВЗРЫВНИКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
технической литературы СССР
Киев—1963

В справочнике приводятся различные классификации горных пород, рассказано о современных взрывчатых веществах и средствах взрывания, применяемых в отечественной и зарубежной горнодобывающей промышленности, их свойствах и условиях применения.

Даны необходимые сведения о способах ведения взрывных работ в горнодобывающей промышленности СССР, правилах безопасности при транспортировании, хранении и применении взрывчатых материалов на отечественных горных предприятиях.

Обобщен передовой опыт ведения взрывных работ при проходке капитальных горных выработок, на очистных и подготовительных работах отечественных и зарубежных горных предприятий.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников, мастеров-взрывников и рабочих, занятых на взрывных работах, а также может быть использован в качестве пособия для инженеров-проектировщиков, научных работников и студентов горных вузов.

Рецензент *Г. И. Черный*, канд. техн. наук

Редакция литературы по горному делу и металлургии.

Заведующий редакцией инж. *Н. Т. Кочерга*

В Программе КПСС, принятой XXII съездом, указывается, что создание материально-технической базы коммунизма требует дальнейшего развития тяжелой индустрии.

В решении этой задачи немаловажное значение имеет развитие горнодобывающей промышленности, так как высокоиндустриальное народное хозяйство страны требует большого количества угля, руд черных, цветных и редких металлов, флюсов, огнеупоров, строительных материалов и др.

Добыча твердых полезных ископаемых сопряжена с необходимостью отделения горных пород от массива и их дробления для удобства погрузки и транспортирования. Эти операции в подавляющем большинстве случаев осуществляются с помощью буровзрывных работ, которые являются наиболее ответственными в технологическом комплексе как в условиях подземных шахт и рудников, так и на открытых разработках.

Энергия взрывчатых веществ начинает широко использоваться в строительном деле при выполнении больших объемов работ по выемке грунтов и скальных пород.

Совершенствование взрывных работ оказывает решающее влияние на такие важнейшие показатели, как производительность труда на подготовительных работах и при добыче ископаемых, себестоимость и др.

Взрывные работы представляют собой сложный комплекс, включающий в себя выбор метода взрывания и

подбор взрывчатых материалов, разработку схемы размещения заряда и расчет его величины, установление способа и порядка взрывания и др.

Максимальная эффективность взрывных работ и правильная их организация возможны при том непременно условии, когда все лица, принимающие участие в их проектировании и осуществлении, знакомы с современными достижениями науки и техники и успешно овладели опытом передовых предприятий в этой области.

Настоящий справочник ставит своей задачей систематизировать имеющиеся сведения, касающиеся вопросов теории и практики взрывного дела. В нем делается попытка обобщения опыта ведения взрывных работ при проходке капитальных горных выработок, на очистных и подготовительных работах отечественных и зарубежных горных предприятий.

Справочник составлен с учетом тех больших изменений, которые имеют место в деле создания новых видов взрывчатых веществ, средств взрывания, а также совершенствования способов ведения взрывных работ.

Автор считает своим долгом выразить признательность канд. техн. наук Г. И. Черному за ценные советы и указания, а также канд. техн. наук Н. Л. Росинскому, Ф. М. Галаджию, М. Н. Косачеву, Г. М. Китачу и инж. Л. И. Шрайману за предоставленную возможность воспользоваться их материалами, оказавшимися полезными при написании книги.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Классификация горных пород

В настоящее время существует целый ряд классификаций горных пород, отличающихся между собой признаками, положенными в основу их построения: классификация по шкале Мооса, классификация проф. М. М. Протодяконова, инж. Лареса, проф. Н. Ф. Суханова, классификация Главруды, Главцветмета, Главзолота, Союзвзрывпрома, Шахтстроля, Донбасса, Метростроля, Государственного Комитета по строительству при Совете Министров СССР, ЦНИГРИ, Главредмета, Гиредмета и др.

Горные породы можно классифицировать по твердости, определяемой вдавливанием в них штампа, динамическим и другими способами.

Для определения твердости пород пользуются шкалой Мооса, согласно которой минералы делятся на десять категорий (табл. 1).

Определение твердости неоднородных по составу и сложных горных пород производится умножением процентного содержания каждого входящего в них минерала на его твердость по шкале

1. Твердость минералов по шкале Мооса

Минерал	Твердость по шкале Мооса	Абсолютная твердость, кг/см ²
Тальк	1	500
Каменная соль	2	2 000
Полевой шпат	3	9 200
Плавиновый шпат	4	11 000
Апатит	5	23 700
Ортоклаз	6	25 300
Кварц	7	30 800
Топаз	8	52 500
Корунд	9	115 000
Алмаз	10	—

2. Относительная твердость пород по минералогическому составу

Порода	Твердость	Процентное содержание кремнезема
Кремний	6,95	98
Кварцит	6,63	95
Риолит	6,55	76
Гранит	6,54	74
Биотитовый гранит	6,49	71
Гранодиорит	6,4	70
Кварцевый монцонит	6,37	68
Дациит	6,35	69
Трахит	6,33	65
Гранитогнейс	6,31	73
Сиенит	6,3	66
Перидотит	6,28	42
Диорит	6,26	62
Авгитовый андезит	5,25	60
Андезит	6,17	62

Продолжение табл.

Порода	Твердость	Процентное содержание кремнезема
Габбро	6,14	53
Песчаник	6,13	—
Диоритогнейс	6,11	58
Полевошпатовый кварцит	6,1	—
Базальт	6,09	50
Диабаз	5,04	52
Биотитовый гнейс	5,92	—
Роговообманковый гнейс	6,8	—
Пироксенит	5,67	51
Роговообманковый сланец	5,6	—
Биотитовый сланец	5,5	—
Известняковый песчаник	5,41	—
Слюдяный сланец	5,2	—
Известняк	3,70	—
Мрамор	3,20	—

3. Классификация горных пород по шкале проф. М. М. Протодяконова

Категория породы	Степень крепости пород	Породы	Коэффициент крепости
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир. Очень крепкий гранит. Кремнистый сланец. Менее крепкие, чем указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки.	15

Продолжение табл.

Категория пород	Степень крепости пород	Породы	Коэффициент крепости
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	"	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк. Мягкий конгломерат	4
Va	Средние	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк. Мел. Каменная соль. Гипс. Мерзлый грунт. Антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник. Цементированная галька и хрящ. Каменный грунт	2
VIa	"	Щебенистый грунт, разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкие наносы, глинистый грунт	1,0

Продолжение табл.

Категория пород	Степень крепости пород	Породы	Коэффициент крепости
VIIa	»	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля, торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX		Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

Мооса и делением суммы полученных произведений на 100. В табл. 2 приведены данные по относительной твердости некоторых пород.

Наиболее распространенной в горной промышленности является классификация профессора М. М. Протодьяконова (табл. 3), в которой один и тот же коэффициент характеризует «относительную» крепость по добываемости ручным способом, буримости, взрываемости, устойчивости (при обрушениях) давлению на крепь и т. д. По этой классификации все породы делятся на 10 категорий, каждая из которых характеризуется своим коэффициентом крепости, изменяющимся от 20 до 0,3. Числовая величина коэффициента крепости представляет собой $\frac{1}{100}$ временного сопротивления данной породы сжатию, выраженного в кг/см^2 .

В 1941 г. Гиредметом предложена классификация (табл. 4), основанная на принципе сопро-

4. Классификация горных пород Гиредмета

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову	Скорость чистого бурения, м.м/мин				Количество оторванной массы на 1 шпурометр. м ³	Количество пробуренных шпурометров на 1 заточку	
		при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами	предельная скорость бурения для данной категории		при бурении калеными бурами	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами
0	24	6	6—7,35	16	15—18	0,15	—	0,6
I	20—22	8,5	7,36—10,25	20	18,1—22,5	0,17	—	0,8
II	18—19	12	10,26—14	25	22,6—27,5	0,20	—	1,5
III	16—17	16	14,1—19,0	30	27,6—35	0,23	—	2,0
IV	12—14	22	19,1—26,5	40	35,1—45	0,27	0,04	2,3

Вид применяемого оборудования, инструмента	Рекомендуемое оборудование и инструменты для данной категории горн	Петрографическая характеристика горных пород
Бурильные молотки	<p>Легкие перфораторы с бурами, армированными твердыми сплавами РЭ-15</p> <p>Колонковые перфораторы с бурами, армированными твердыми сплавами РЭ-15</p>	<p>Исключительно крепкие кварциты, магнетиты, железистые роговики, базальты и другие породы, совершенно не содержащие следов трещин, выветривания и выщелачивания</p> <p>То же, но менее крепкие</p> <p>В высшей степени трудно буримые, крепкие, плотные и вязкие кварциты, магнетиты, железистые роговики, базальты лабрадоровые, кварцевые линпиты, макрограниты, совершенно не затронутые выветриванием монолитно-сливные породы, совершенно плотный кварц без сульфидов, яшмы, роговики</p> <p>То же</p> <p>Совершенно не затронутые выветриванием оливиновые базальты, диабазы, андезиты, кремнистые сланцы, мелкозернистые граниты, сиениты, плотные кварцевые жилы, порфириды.</p>

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Протодяконову	Скорость чистого бурения, мм/мин				Количество оторванной массы на 1 шпурометр. м ³	Количество пробуренных шпурометров на 1 заточку	
		при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами	предельная скорость бурения для данной категории		при бурении калеными бурами	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами
V	10	31	26,6—36,5	50	45,1—55,0	0,31	0,06	3,0
VI	8—9	42	36,8—50,5	50	55,1—67,5	0,34	0,10	4,0

Вид применяемого оборудования, инструмента	Рекомендуемое оборудование и инструменты для данной категории	Петрографическая характеристика горных пород
Бурильные молотки	Колонковые перфораторы с буром, армированными твердыми сплавами РЭ-15	<p>крупнозернистые гнейсы, кварцевотурмалиновые породы, габбро, кремнистые бурые железняки, кератофиры, пироксениты</p> <p>Затронутые выветриванием диабазы, протеробазы, андезиты, липариты, кварцевые порфиры, макрограниты. Не затронутые выветриванием трахиты, березиты, кварцевые жилы со значительным количеством колчедана. Конгломераты с галькой из изверженных пород с кремнистым цементом, кремнистые известняки, плотные бурые железняки, скарновые руды</p> <p>Затронутые выветриванием диабазы, протеробазы, андезиты, липариты, кварцевые порфиры, макрограниты. Не затронутые выветриванием трахиты, березиты, кварцевые жилы со значительным количеством колчедана. Конгломераты с галькой из изверженных пород с кремнистым цементом, кремнистые известняки, плотные бурые железняки, скарновые руды</p>

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Протодяконову	Скорость чистого бурения, мм/мин				Количество оторванной массы на I шпурометр. м ³	Количество пробуренных шпурометров на I заточку	
		при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами	предельная скорость бурения для данной категории		при бурении калеными бурами	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами
VII	7—8	57	50,6—67,5	75	67,6—85,0	0,40	0,13	5,3
VIII	6	78	67,6—93,0	95	85,1— 107,5	0,46	0,16	7,0

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Прогодьяконову	Скорость чистого бурения, мм/мин				Количество оторванной массы на 1 шпурометр, м ³	Количество пробуренных шпурометров на 1 заточку	
		при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами	предельная скорость бурения для данной категории		при бурении калеными бурами	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами
IX	5	108	93,1— 128,0	120	107,6— 135,0	0,53	0,33	9,5
X	4	150	128,1— 166,5	150	135,1— 167,5	0,61	0,50	12,5

Вид применяемого оборудования, инструмента	Рекомендуемое оборудование и инструменты для данной категории горни	Петрографическая характеристика горных пород
	<p>Легкие перфораторы с калеными бурами</p> <p>Электросверла ручные и колонковые с армированными и калеными бурами и отбойные молотки</p>	<p>со значительным содержанием кварца, известняки, песчаники на известковом цементе. Колчедан. Конгломераты с галькой из осадочных пород на кремнистом цементе. Окисленные баритовые жилы, мелкозернистый глинистый песчаник</p> <p>То же</p> <p>Чешуйчатые мелкие сланцы, глинистые, углеродистые, слюдяные, талькохлоритовые, серицитовые и выветрелые сланцы VII, VIII и IX категорий. Конгломераты с галькой осадочных пород на известковом или другом, но пористом цементе. Сильно выветрелые коренные породы: граниты, флюориты, сиениты, порфириты и прочие глинистые крупнозернистые песчаники, выветрелые, пористые известняки, оталькованные змеевики, мерзлые плотные глины, галечники</p>

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову		Скорость чистого бурения, мм/мин			Количество оторванной массы на 1 шпурометр, ж	Количество пробуренных шпурометров на 1 заточку	
			при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами		предельная скорость бурения для данной категории	при бурении калеными бурами
XI	2—3	185	166,6— 208,0	185	167,7— 207,5	0,7	0,66	17
XII	—	230	208,1— 267,0	230	207,7— 260,0	0,8	0,66	22
XIII	1,5— 2	290	267,1— 340,5	290	260,1— 327,5	0,93	1	—
XIV	1,2— 1,5	365	340,6— 425	365	327,6— 407,5	—	1,33	—
XV	—	450	—	450	407,6— 450,6	—	1,33	—

Категория породы	Коэффициент крепости по М. М. Протодяконову	Скорость чистого бурения, мм/мин				Количество оторванной массы на 1 шпурометр, м ³	Количество пробуренных шпурометров на 1 заточку	
		при бурении калеными бурами	предельная скорость бурения для данной категории	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами	предельная скорость бурения для данной категории		при бурении калеными бурами	при бурении бурами, армированными твердыми сплавами
XVI	1,0— 1,2	—	—	—	—	—	—	
XVII	0,5— 1,0	—	—	—	—	—	—	
XVIII	0,5	—	—	—	—	—	—	
XIX	0,1— 0,3	—	—	—	—	—	—	

Продолжение табл.

Вид применяемого оборудования, инструмента	Рекомендуемое оборудование и инструменты для данной категории	Петрографическая характеристика горных пород
		<p>Мягкий каменный уголь, мерзлые грунты двух предпоследних категорий</p> <p>Жирная глина, тяжелый суглинок, гравий крупный, галька и щебень крупностью от 15 до 40 мм, растительный грунт или торф с корнями диаметром свыше 30 мм</p> <p>Легкий и лессовидный суглинок, гравий рыхлый, мелкий и средний до 15 мм, растительный грунт с корнями диаметром до 30 мм</p> <p>Сыпучие породы, песок, осыпи, мелкий гравий, добытый уголь, супесок, растительный грунт, торф</p> <p>Пльвуны, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты</p>

тивляемости пород сжатию, буримости и взрываемости.

Сопротивляемость пород сжатию характеризуется приводимым для каждой группы пород коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодьяконова. Скорость бурения, определяемая подвиганием шпура в миллиметрах за минуту чистого времени, устанавливается при бурении закаленными бурами и армированными твердыми сплавами. Отношение скоростей бурения в соседних категориях составляет 1,25; взрываемость пород характеризуется объемом их, отрываемым 1 пог. м шпура; отношение этих показателей в смежных категориях пород равно 1,15.

Классификация горных пород для горнопроходческих работ на предприятиях угольной промышленности приведена в табл. 5.

Классификация грунтов и пород, включенная в строительные нормы и правила, которые утверждены Государственным Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства и обязательны для применения с 1 января 1955 г. всеми министерствами и ведомствами, приведена в табл. 6.

Временная классификация горных пород по их буримости для Криворожского бассейна приведена в табл. 7, а упрощенная геотехническая классификация горных пород по проф. М. Н. Маслову — в табл. 9.

В табл. 8 приводится сравнение классификаций пород различных авторов и ведомств.

5. Классификация горных пород для горнопроходческих работ на предприятиях угольной промышленности

Категория горных пород	Способ разработки	Горные породы	Средний вес 1 м ³ породы в плотном теле, кг	Коэффициент разрыхления	Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова	Время чистки 1 м шура буровой машины Р11-17, мин
Внекатегорная	Взрывной	Кварциты исключительно крепкие: джеспилиты, габродиабаз, габродиорит. Порфириды исключительно крепкие Базальт оливинный, андезит, роговик диабаз, диорит высшей крепости. Гранит мелкозернистый, весьма крепкий Кремень. Слививые кварцитовидные песчаники исключительной крепости, окремненные известняки высшей крепости Среднезернистые граниты, кварцитовидные слививые песчаники, кварциты, диабазы, гнейсы, порфирит. трахит крепкий, сиенит	2900	2,2	20—25	—
			3100—3300	2,2	17—18	—
			3000	2,2	15—16	Более 26,5
			2700—3000	2,2	12—14	—

Продолжение табл.

Категория пород	Способ разработки	Горные породы	Средний вес 1 м ³ породы в плотном теле, кг	Кoeffициент разрыхления	Кoeffициент крепости по шкале проф. Протодьяконова	Время бурения 1 м шура буровой машины РП-17, мин
II	Взрывной	Мелкозернистые монолитные кварцевальные песчаники. Сливные известняки исключительной крепости. Мрамор исключительно крепкий	2700—2900	2,2	10—11	21,7—26,5
III	То же	Конгломерат крепкий на известковом цементе. Колчеданы крепкие, доломиты. Песчаники крепкие на кварцевом цементе Колчеданы крепкие, доломиты и известняки. Змеевик, гранит и сиенит крупнозернистые Крепкие аргиллиты и алевролиты, песчано-глинистые сланцы,	2700—2900 2600—2800	2,0 2,0	8,9 7	— 17,8—21,7

	сидерит, магнезит, змеевик оталькованный, известняк плотный	2800	2,0	6	—
	Граниты, гнейсы, сиениты и прочие массивные и изверженные породы, сильно минерализованные или выветрившиеся	2500	2,0	5	—
	Известняк мергелистый, песчаник глинистый, сланец слюдяной, доломиты	2200—2300	2,0	4—5	12,2—17,8
	Глинистые и углистые сланцы средней крепости, плотный мергель, слабые песчаные сланцы, слабые известняки и доломиты	—	—	—	—
IV	Взрывной и отбойными молотками	1400—1500	1,8	2	10,3—12,2
	Антрацит, крепкий каменный уголь, слабые конгломерат и песчаник, алевролит и аргиллит средней крепости				

Продолжение табл.

Категория пород	Способ разработки	Горные породы	Средний вес 1 м ³ породы в плотном теле, кг	Коэф. финиш. разрыхления	Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова	Время числения 1 м шпура буровой машинной РП-17. мин
V	Взрывной и отбойными лотками	Слабые глинистые сланцы, опока крепкая, очень слабые выветрившиеся известняки и доломиты, каменный уголь средней крепости, крепкий бурый уголь Плотные карбонатные глинны, мел плотный, мергель средней крепости, гипс, крепкая каменная соль	1400—2000	1,4	1,5—2,0	—
VI	Отбойными лотками	Каменный уголь мягкий, отпердевший лесс, мергель мягкий, мягкая опока, бурый уголь, карбонатная глина, трепел, мягкая каменная соль, пористый гипс	1900—2600	1,8	1,5	7,1—10,3

VII	Вручную	Тяжелая ломовая глина, моренный суглинок, жирная глина и тяжелый суглинок, содержащий до 10% гальки или хряща; мелоподобные слабые породы (мергель, опока и др.)	Цементированный строительный мусор	1,4	—	—
		1200—1950		1,8	1,0—1,5	Менее 7,1
		1600—1800	Легкая глина, суглинки, супески, лесс, галечник, гравий, щебень	1,8	0,9	—
		1500	Песок, песок-плавун, почвенный слой	—	0,6	—
		1100	Рыхлый известковый туф, туф и другие слабые породы	—	0,4	—

6. Классификация грунтов и пород по ЕНВ и Р

Характеристика	Средний объемный вес в плотном со- стоянии, г/м ³	Время бурения 1 м шпура бу- рильной ма- шиной РП-17	Категории
Ангидрит	2900	5,7	VI
Боксит	—	4,2	V
Гипс	2200	3,1	IV
Глина: жирная мягкая, а также на- сыпная, слежавшаяся, с при- месью гравия, гальки, щебня и строительного мусора (в том числе юрская и моренная)	1800	—	II
тяжелая и мягкая ломовая и сланцевая, с примесью гравия, гальки и щебня, а также булыг в количестве до 10% объема (в том числе твердая юрская и мяг- кая карбонная)	1950	—	III
твердая карбонная кембрий- ская	2000	3,1	IV
Гравий и галька: мелкий размером до 20 мм	1700	—	I
средний » » 40 мм	1750	—	II
крупный » » 150 мм	1950	—	III
мелкий и средний с примесью булыг весом до 10 кг	1900	—	III
Грунт растительного слоя: без корней	1200	—	I
с корнями	1200	—	II
с примесью строительного му- сора, щебня и гравия	1400	—	III
Доломит	2700	7,7	VII
Дресва	1800	3,1	IV
Змеевик	2600	7,7	VII
Известняк: мягкий, пористый, трещинова- тый, выветрившийся	1200	4,2	V

Продолжение табл.

Характеристика	Средний объемный вес в плотном со- стоянии, г/м ³	Время бурения 1 м шпура бу- рильной ма- шинной РП-17	Категория
мергелистый, слабый	2300	5,7	VII
крепкий, плотный	2700	7,7	VII
крепкий, доломитизированный	2800	10,4	VIII
плотный, окварцованный	2900	14	IX
Кварцит:			
сланцевый, выветрившийся	2700	7,7	VII
сланцевый	2800	10,4	VIII
с заметной сланцеватостью	2900	14	IX
без сланцеватости	2800	18,9	X
мелкозернистый	2900	25,5	XI
Конгломерат:			
слабосцементированный	2000	3,1	IV
из осадочных пород на глинист-			
том цементе	2200	4,2	V
то же, на известковом цементе	2300	5,7	VI
то же, на кремнистом цементе	2500	7,7	VII
из изверженных пород, на из-			
вестковом и кремнистом цементе	2800	10,4	VIII
Коренные глубинные породы			
(граниты, гнейсы, диориты, си-			
ениты, габбро и др.):			
крупнозернистые, сильновы-			
ветрившиеся и дресвяные	2200—2600	4,2	V
среднезернистые, сильновет-			
рившиеся	2200—2600	5,7	VI
мелкозернистые, сильновет-			
рившиеся	2500	7,7	VII
крупнозернистые, не затрону-			
тые выветриванием	2800	10,4	VIII
среднезернистые, не затрону-			
тые выветриванием	2800—3300	14	IX
мелкозернистые, не затрону-			
тые выветриванием	3000—3300	18,9	X
микрозернистые, не затрону-			
тые выветриванием	3000—3300	25,5	XI

Продолжение табл.

Характеристика	Средний объемный вес в плотном со- стоянии, г/м ³	Время бурения 1 м шпура бу- рильной ма- шинной РП-17	Категория
Коренные излившиеся породы (андезиты, базальты, трахиты и др.):			
сильновыветрившиеся	2600	7,7	VII
слабовыветрившиеся	2700	10,4	VIII
со следами выветривания	2600—2800	14	IX
без следов выветривания	2700—3100	18,9	X
микроструктурные, не затро- нутые выветриванием	3000—3300	25,5	XI
Лесс:			
естественной влажности, рых- лый	1600	—	I
то же, с примесью гравия и гальки	1800	—	II
сухой	1750	—	II
плотный	1800	—	III
отвердевший	1800	3,1	IV
Мел:			
мягкий	1550	3,1	IV
плотный	2600	4,2	V
Мергель:			
мягкий	1900	3,1	IV
средней крепости	2300	4,2	V
крепкий	2500	5,7	VI
Морена с валунами весом до 50 кг с содержанием их в коли- честве до 30% по объему	2100	3,1	IV
Мрамор	2700	7,7	VII
Опоки	1900	3,1	IV
Пемза	1100	4,2	V
Песок:			
естественной влажности с при- месью гравия и гальки или щебня в количестве до 20% по объему	1600	—	I

Продолжение табл.

Характеристика	Средний объемный вес и плотном сос- тоянии, г/м ³	Время бурения 1 м шпура бу- ральной ма- шиной РП-17	Категори-
то же, с примесью гравия и гальки или щебня в количестве до 40% по объему	1700	—	II
сухой барханный и дюнный	1600	—	II
Песчанник:			
выветрившийся	2200	4,2	V
слабый на известковом цементе	2500	5,7	VI
глинистый	2200	5,7	VI
плотный	2500	7,7	VII
кварцитовый	2700	10,4	VIII
кремнистый, очень плотный	2700	10,4	VIII
ракушечник	1200	4,2	V
Сланцы:			
выветрившиеся	2000	3,1	IV
глинистые средней крепости и слабыветрившиеся	2300—2700	4,2	V
крепкие	2600	5,7	VI
окварцованные	2600	7,7	VII
Солончак и солонец:			
мягкие	1600	—	I
отвердевшие	1800	3,1	IV
Суглинок:			
мягкий и лессовидный	1600	—	I
легкий, лессовидный, тяже- лый, с примесью гравия и гальки или щебня в количестве до 10% по объему, а также насыпной, слежавшийся, с при- месью гравия, гальки, щебня и строительного мусора	1750—1900	—	II
тяжелый с примесью булыг в количестве до 10% по объему	1950	—	III
Супесок:			
без примесей и с примесью гравия, гальки или щебня	1600—1900	—	I

Продолжение табл.

Характеристика	Средний объемный вес в плотном состоянии, г/м ³	Время бурения 1 м шпура буровой машиной РП-17	Категория
насыпной, слежавшийся, с примесью строительного мусора	1900	—	II
строительный мусор	1850	—	III
Торф:			
без корней	600	—	I
с корнями	600	—	II
Трепел:			
слабый	1550	3,1	IV
плотный	1700	4,2	V
туф	1100	4,2	V
Чернозем и каштановый грунт:			
естественной влажности	1300	—	II
сухой, отвердевший	1200	—	III
Щебень размером, мм:			
до 40	1750	—	II
до 150	1950	—	III
Шлак:			
котельный, рыхлый	750	—	I
то же, слежавшийся	—	—	II
металлургический, выветрившийся	—	—	III
то же, не выветрившийся	1500	3,1	IV

Временная классификация горных пород по их буримости для Криворожского бассейна

Класс породы	Породы	Скорость чистого бурения, мм/мин	Время чистого бурения 1 м шпура, мин
I	В наивысшей степени плотные монолитно-сливные мелкозернистые джеспилиты, яшмы, микрокварциты. В высшей степени		

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чис. того бурения, м/мин	Время чистого бурения I м шпура, мин
Ia	плотные железистые роговики, тонкокристальные джеспилиты, магнетитовые роговообманковые и магнетитовые роговики	До 25	50,0
II	В наивысшей степени плотные и вязкие гематитовые руды (криворожские железняки). Исключительно плотные микрокварциты, яшмы и кремнь. Наиболее плотные, стекловатые, оливиновые и лабрадоровые базальты	26—31	38,4
III	В высшей степени плотные сливные кварциты, джеспилиты, железистые роговики, роговообманковые магнетитовые роговики без малейших следов выветривания и выщелачивания. В высшей степени плотные гематитовые руды (криворожские железняки). В высшей степени плотные базальты, диабазы, порфириты, кварцевые порфиры, кератофиры (нетрещиноватые без малейших следов выветривания и выщелачивания). Очень плотный кварц без сульфидов	32—40	31,3

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чис- того бурения, мм/мин	Время чистого бурения 1 м шпура, мин
IV	<p>плотные вязкие массивные гематитовые руды (криворожские железняки), магнетитовые и титаномагнетитовые руды. Чрезвычайно плотные андезиты, базальты и диабазы, содержащие следы сланцеватости, неизмененные, микрограниты и снениты. В высшей степени плотные безрудные скарны</p> <p>Очень плотные и вязкие кварциты, среднеполосчатые джепилиты, железистые и безрудные роговики, железисто-силикатные роговики. Микрозернистые плотные гематитовые и магнетитовые руды. Очень плотные и вязкие андезиты, базальты и диабазы, мелкозернистые граниты, диориты, гранодиориты, снениты, габбро и монцониты. Очень плотные гранатопироксеновые скарны</p>	41—50	24,4
V	<p>Очень плотные кварциты, джепилиты, железистые, железисто-силикатные и безрудные роговики, слаботрещинчатые и кливажные. Очень плотные сливные аркозы. В высшей степени плотные мелкозернистые окварцованные песчаники. Кварцевый порфир. Плотные андезиты, базальты, диабазы, порфиры, гнейсы, гранитогнейсы, трахиты. Среднезернистые граниты и</p>	51—60	19,6

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чистого бурения, м.м/мин	Время чистого бурения 1-ж шпура, мин
VI	<p>снениты. Плотный жильный кварц с сульфидами. Гранато-пироксеновые скарны с кальцитами и другими минералами</p> <p>Плотные магнетитовые, силикатно-магнетитовые, гематитовые и мартитовые руды. Джеспилиты, железистые и безрудные роговики с хорошо выраженной трещиноватостью и слоистостью. Очень плотная равномернозернистая хромитовая руда, окремненные бурые железняки. Очень плотные кремнистые песчаники, микрозернистые окварцованные известняки и доломиты. Плотные кварцевые песчаники. Сланцы (аспидные, хлоритовые, слюдистые, гидрогематитовые и др.) с прослойками роговиков свыше 70%. Очень плотные филлиты. Конгломерат из изверженных пород на кремнистом цементе. Слабовыветрелые трахиты, андезиты, базальты, порфириты, гнейсы. гранодиориты, диориты, перидотиты, кварцевотурмалиновые порфиры, кварцевые порфиры, кератофиры, габбро и пироксениты. Серный колчедан. Слабовыветрелые скарны</p>	61—72	16,4
		73—90	13,7

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чистого бурения, м/мин	Время чистого бурения, мин
VII	<p>Джеспилиты, железистые и безрудные роговики кливажные, трещиноватые и затронутые выщелачиванием. Мартитовые, гематитовые и магнетитовые руды с прожилками кварца, сульфидов и карбонатов. Плотные мартитовые и гематитовые руды. Очень плотные бурые железняки, железистые роговики с подчиненным количеством сланцевых прослоек. Хлоритовые и другие силикатные сланцы, обогащенные пиритом, пиротином, халькопиритом и другими сульфидами. Сланцы гидрогематитовые, хлоритовые, слюдянистые и др. С прослойками безрудных роговиков свыше 30%. Доломитизированные и слабоскарнированные известняки. Плотные змеевики (серпентиниты). Конгломераты с галькой изверженных пород на известковом цементе. Крупнозернистые граниты, сиениты. Плотные зеленокаменные породы (метабазиты)</p>	91—110	10,8
VIII	<p>Плотные известняки, песчаники и доломиты. Плотные филлиты: сланцы слюдянистые, хлоритовые, гидрогематитовые и другие со значительным содержанием кварца. Плотная гематитомартитовая руда. Плотная равнозернистая хромитовая</p>		

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чис- того бурения, мм/мин	Время чистого бурения 1 м шпура, мин
IX	<p>руда в серпентинитах. Слабовыветрелые джеспилиты и железистые роговики. Зеленокаменные породы (метабазиты). Слабовыветрелые диориты, граниты, сиениты, липариты, кварцевые порфиры, диабазы, протеробазы, андезиты</p> <p>Джеспилиты и железистые роговики сильнотрещиноватые, выветрелые, мартитовые руды. Аспидные, гидроматитовые, аспидно-хлоритовые и другие сланцы, содержащие меньше 30% кварцевых прослоек, филлиты. Кварцевокарбонатные породы, сидерит, магнезит, змеевик оталькованный. Песчаники. Хромитовые руды в серпентинитах. Кварцевосульфидные руды. Выветрелые граниты, гнейсы, сиениты, габбро, диориты, кварцевотурмалиновые породы. Сильновыветрелые диабазы, протеробазы, андезиты, амфиболиты, липариты, кварцевые порфиры</p>	111—130	9,0
X	<p>Бескварцевые плотные тальковохлоритовые, тальковосерицитовые, слюдястые, хлоритовые, гидроматитовые и другие сланцы. Сильновыщелоченные, трещиноватые железистые роговики и джеспилиты. Известняки</p>	131—160	7,6
		161—200	6,2

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чис- того бурения, мм/мин	Время чистого бурения 1 м штура, мин
XI	Выщелоченные железистые роговики и джеспилиты, если слабые прослойки составляют менее 50%. Гематитовые и мартитовые крупнозернистые руды. Гематитовые и мартитовые руды с прослойками гидрогематитовой руды или сланца. Пористые бурые железняки. Песчаники на известняковом цементе. Известняки, филлиты, аспидные сланцы, биотитовые и хлоритовые сланцы. Сланцевые песчаники. Конгломерат с галькой из осадочных пород на кремнистом и кремнисто-известняковом цементе. Выветрелые дуниты, перидотиты и змеевики	201—250	5,0
XII	Плотные карбонатно-тальковые сланцы, слюдястые сланцы с тальком. Сильновыветрелые слюдястые, хлоритовые и другие сланцы. Сильновыветрелые изверженные породы — граниты, диориты, снениты, порфиры, габбро, берзиты и др.	251—312	4,0
XIII	Глинистые крупнозернистые песчаники, глинистые и плотные тальковые сланцы. Мел. Обыкновенный мергель. Каменный грунт, мерзлые плотные глины, щебенистый грунт. Слабосцементированные гидрогематитовые и		

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чистого бурения, м/мин	Время чистого бурения 1 м шура, мин
XIV	<p>мартитовые руды. Совершенно выветрелые хлоритовые, хлорито-амфиболовые, тальковохлоритовые сланцы. Каолинизированные продукты выветривания. Выщелоченный колчедан. Конгломераты с галькой из осадочных пород на известково-глинистом цементе. Совершенно выветрелые каолинизированные граниты, диориты, сиениты, порфиры и другие изверженные породы</p> <p>Пемза, трепел, туф и мягкие породы. Гипс. Конгломераты из слабых осадочных пород на глинистом цементе. Охристые и углистые сланцы с частичными прослойками глины. Глинистые сланцы. Выветрелые аспидные, хлоритовые слюдистые, гидротематитовые (красковые) и другие сланцы. Выветрелые известняки. Рыхлые мартитовые руды — синьки. Совершенно выветрелые джеспилиты, амфиболиты и щебенистые породы. Крупнозернистый песок, плотный маловодный ил</p>	313—400	3,2
XV	<p>Легкая песчанистая глина с примесью щебня и булыг, лесс отвердевший, песок естественной влажности с примесью гравия или щебня свыше 40%, суглинок</p>	400 и выше	2,5 и менее

Продолжение табл.

Класс породы	Породы	Скорость чистого бурения, м.ж/мин	Время чистого бурения 1 м шпура, мин
	с примесью щебня, гравия и булыг, супесок с примесью гравия или щебня свыше 40%, галька и гравий с примесью булыг, чернозем и сухие отвердевшие каштановые из земли	Разрабатывается без бурения и взрывания	Разрабатывается без бурения и взрывания
XVI	Галька и гравий размером до 40 мм, глина жирная мягкая, породы растительного слоя с корнями кустарников и деревьев, песок естественной влажности с примесью гравия или щебня до 40%, солончак и солонец мягкие, супесок с примесью щебня или гравия до 40%, чернозем и каштановые земли естественной влажности, торф	То же	То же
XVII	Породы растительного слоя без примеси корней кустарников и деревьев, лес влажный, естественной влажности и рыхлый песок естественной влажности без примесей, суглинки легкий лессовидный, супесок без примесей	» »	» »

Примечание. Классификация составлена для условий бурения перфораторами типа ПА-23, ОМ-506 или ПТ-30 при давлении сжатого воздуха 5 атм коронкой долотчатой формы диаметром 46 мм.

8. Сравнение классификаций пород различных авторов и ведомств

Классификация по буримости и вязкости А. Ф. Суханова	Классификация пород по Прото Дьяконову		Категория по единой классификации ГИ редмета	Категория по Союзизрыпрому	Классы по Глазолоту	Группы по Кршноружью	Категория по Глазметди	Категория по Шахстрою	Категория по ЕПВ и Р
	Категория	Коэффициент крепости							
1	—	24	0	—	II	I	—	—	XI
2	—	22	I	—	} 10	II	—	—	XI
3	I	20	I	XVI		} 9	III	X	Вле
4	—	18	II	XV—XVI	} 8		VI	IX	категории
5	—	15	III	XV		} 7	V	VIII	—
6	IIa	12	IV	XIII—XIV	} 6		VI	VII	I
7	III	10	V	XI—XII		} 5	VII	V	I
8	IIIa	8—9	VI	XI—XII	} 6		VIII	IV	II
9	IV	6—7	VII—VIII	IX—X		} 5	IX	V	II
10	IVa	5	IX	VIII—IX	} 5		X	IV	III
11	V	4	X	VII		} 5	X	I	III
12	Va	3	XI	VII	} 5		X	—	IV
13	VI	2	XII	VI		} 5	XII	—	IV
14	VIa	1.5	XIII	VI	} 5		XIII—XVI	—	V
							XV—XVI	—	V

9. Геотехническая классификация горных пород

Класс	I класс. Скальные породы		II класс. Полускальные породы (с пониженной прочностью)		
	1-я группа. Гидростойкие (нерастворимые)	2-я группа. Гидронеустойкие (слаборастворимые)	1-я группа. Гидростойкие (нерастворимые)	2-я группа. Гидронеустойкие однородные (растворимые)	3-я группа. Цементированные гидронеустойким цементом (растворимый цемент)
Наименование породы	Гранит, диабаз, порфирит, базальт, гнейсы, кварциты, кремнистые сланцы	Плотные и массивные известняки, доломиты	Вулканический туф, выветрившаяся скальные породы 1-й группы I класса, песчаники с гидростойким цементом (каменный уголь)	Гипс, ангидрит, каменная соль, выветрившаяся породы 2-ой группы I класса	Известковистые песчаники, гипсоносные конгломераты
Общие признаки	Компрессионная способность (сжимаемость) Практически отсутствует				

по проф. М. Н. Маслову

III класс. Глинистые породы (связные)		IV класс Рыхлые сыпучие породы				V класс Особые породы
1-я группа Сцементированные гидростойкие (слабо размягчающиеся в воде)	2-я группа Гидростойкие (размягчающиеся в воде)	1-я группа Грубообломочные	2-я группа Среднеобломочные	3-я группа Пески крупно- и среднезернистые	4-я группа. Пески мелко- и тонкозернистые	—
Аргиллиты, алевролиты, глинистые мергели, сланцеватые глины	Глины, суглинки, супеси	Глыбы, валуны, булыжники	Галька, щебень, гравий, дресва	Пески различного минералогического состава крупно- и среднезернистые	Пески различного минералогического состава мелко- и тонкозернистые	Породы почвенно-растительного происхождения, торфы, илы, соленосные грунты, лесс, вечные мерзлоты, намывные и насыпные грунты, культурный слой
Изменяется в очень широких пределах, может достигать высоких значений	Относительно невелика под статической нагрузкой; при сотрясениях может быть очень высокой				Обуславливается природными свойствами породы	

Класс	I класс Скальные породы	II класс. Полускальные породы (с пониженной прочностью)					
Общие признаки Сопротивле- мость сдвигу	Весьма значительная (временное сопротивление раздавливанию более 500 кг/см ²)		Пониженная (временное сопротивление раздавливанию в пределах от 50 до 500 кг/см ²)				
	Фильтрация	По трещинам	По трещинам, каналам и пустотам	По трещинам и пустотам	По трещинам, каналам и пустотам	По трещинам и порам	

Продолжение табл.

III класс. Глинистые породы (связные)	IV класс. Рыхлые сыпучие породы	V класс. Особые породы
Изменяется в очень широких пределах (обуславливается показателями ϕ и c)	Обуславливается показателем ϕ	
В большинстве практически водонепроницаемы (иногда по порам и трещинам)	По порам	Обуславливается природными свойствами породы

ВЗРЫВЧАТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Понятие о взрыве и взрывчатых веществах

Под взрывом обычно понимают явление крайне быстрого выделения значительного количества энергии с внезапным изменением первоначального состояния вещества и образованием газов или паров независимо от того, имелись ли эти газы и пары до взрыва или они образовались в процессе взрыва. Вызывать взрыв может тепловая (взрыв парового котла), электрическая (электрическая искра, шаровая молния), атомная, а также кинетическая энергия очень быстро движущегося тела (удар метеорита о землю, превращая вещество в нагретый сжатый газ, вызывает взрыв огромной силы) и др.

В практике наиболее часто приходится иметь дело со взрывами физическим и химическим. При физическом взрыве переход вещества из одного состояния в другое не сопровождается химической реакцией (взрыв баллона со сжатым газом, электрический разряд, разрушение угля сжатым воздухом высокого давления, средствами беспламенного взрывания и т. п.).

При химическом взрыве происходит быстрое химическое превращение вещества с переходом его в другое состояние, сопровождающееся выделением большого количества тепла и сжатых газов, обладающих большой разрушительной силой и способных производить работу метания и дробления (разрушения).

При быстром расширении газов взрыва в окружающей среде возникают ударные волны, распространяющиеся в воздухе со сверхзвуковой скоростью и постепенно переходящие в звуковую волну. Ударные волны могут производить разрушения на значительных расстояниях от места взрыва, где газы взрыва уже не оказывают заметного действия. Вещества или смеси веществ, способные к такого рода химическим превращениям (реакциям взрывчатого разложения), называются взрывчатыми веществами или ВВ.

Различают три основные формы превращения ВВ:

а) термическое разложение — медленная реакция, вызванная нагревом ниже температуры вспышки;

б) горение — быстрая реакция, в зависимости от давления линейная скорость горения может достигать сотен метров в секунду; при определенных условиях горение может перейти в детонацию;

в) детонация — распространение взрыва со скоростью нескольких тысяч метров в секунду, обусловленное прохождением по ВВ ударной волны. В отдельных случаях детонация может перейти в горение.

Кислородный баланс

Взрыв ВВ основан на окислении кислородом горючих веществ (углерода и водорода). Такими химическими веществами, молекулы которых содержат избыточный кислород, являются аммиачная селитра, нитроглицерин и др. При взрывчатом разложении смеси этих носителей кислорода с химическими веществами, содержащими углерод или водород, последние сгорают (соединяясь с избыточным кислородом), образуя углекислый газ и воду. Таким образом, кислородный баланс взрывчатого вещества выражает наличие кислорода в составе ВВ по отношению к тому количеству кислорода, которое необходимо для полного сгорания (окисления) всех горючих элементов ВВ (углерода — в углекислый газ, водорода — в воду). Исходя из этого определения, различают ВВ с нулевым, положительным (активным) и отрицательным балансом. Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом наиболее эффективны, так как при полном сгорании горючих элементов выделяется максимально возможное количество тепла, способствующее достижению максимальной мощности ВВ.

Избыток кислорода приводит к двум нежелательным явлениям: во-первых, некоторое его количество может вступить в реакцию с азотом, при этом снижается количество выделяемого при взрыве тепла, так как реакция окисления азота (в отличие от горения углерода и водорода) протекает не с выделением, а с поглощением тепла ($N_2 + 2O_2 + 44 \text{ ккал} = 2NO_2$), и, во-вторых, окислы азота являются ядовитыми, и их образования следует избегать.

При взрыве ВВ с недостаточным количеством кислорода имеет место неполное сгорание углерода не до CO_2 , а только до CO ; при этом теплота взрыва значительно снижается, так как процесс окисления углерода до CO_2 протекает с выделением 94 ккал/моль, а при окислении углерода до CO выделяется только 26 ккал/моль, т. е. в 3,6 раза меньше. Кроме того, окись углерода очень ядовита, и ее образование нежелательно. В практике ведения взрывных работ к ВВ, обладающим положительным кислородным балансом, добавляют горючие примеси (древесную муку, дизельное топливо и т. д.), за счет чего можно получить взрывчатые смеси с большей работоспособностью и с меньшим выделением ядовитых газов.

Ниже приведены данные о кислородном балансе различных ВВ, а также некоторых материалов, применяемых при изготовлении ВВ.

Кислородный баланс наиболее известных взрывчатых веществ

Аммонит ПЖВ-20	+0,72	Аммонал ВА-4	+0,26
Аммонит № 9	+2,9	Аммонал ВА-8	-0,5
Победит ПУ-2	-0,53	Динафталит ЖВ	+0,6
Аммонит № 10	+0,5	Динафталит П	0
Аммонит № 15 малоплотный	-0,03	Динамит 62%-ный труднозамерзающий	+ 0,3
Аммонит АП-4ЖВ	+0,9	Серный аммонит № 1	- 0,8
Победит ВП-2	+0,3	Серный аммонит № 2	- 0,5
Малоплотный аммонит № 14	-0,2	Нефтяной аммонит № 1	+ 0,21
Аммонит АП-5ЖВ	0	Нефтяной аммо-	
Аммонит № 6	+0,3		
Аммонит № 6 ЖВ	-0,64		
Аммонит № 7	+0,55		

Аммонит № 7 ЖВ	+0,2	ит № 2	.. + 0,1
Аммонит В-3	.. -0,64	Нефтяной аммо-	
Скальный аммонит		нит № 3	.. - 0,3
№ 1	.. -2,2	Аммиачная се-	
Скальный аммонит		литра	.. + 2,0
№ 1 ЖВ	.. -0,17	Тротил	.. - 74
Скальный аммонит		Нитроглицерин	+ 3,5
№ 2	.. +0,13	Динитроглицоль	0
Аммонал ВА-2	.. 0	Тэн	.. - 10,1
Гремучая ртуть	- 11,3	Тенерес	.. - 56
Гексоген	.. - 21,6	Динитронафта-	
Тетрил	.. - 47,4	лин	.. - 129,4

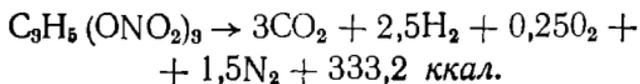
Кислородный баланс веществ, используемых при изготовлении ВВ

Коллодионный		Древесная мука	-125,0
хлопок	.. - 33,5	Хлопковые жмыхи	-151,2
Алюминий	.. - 89,0	Асфальтит	.. -329
Бумага	.. -116,1	Парафин	.. -345,4

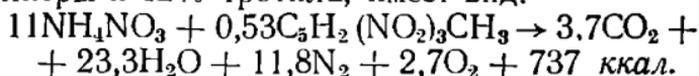
Газообразные продукты взрыва, их состав и свойства

При взрывчатом разложении ВВ происходит его переход в газообразное состояние; при взрыве 1 кг ВВ выделяется 300—1000 л газов (табл. 10). Состав газообразных продуктов взрыва зависит от ряда факторов, в том числе от кислородного баланса, влажности ВВ, условий взрывания и т. п.

Основными продуктами взрывчатого разложения большинства ВВ являются углекислый газ (CO_2), пары воды (H_2O), азот (N_2) и кислород (O_2). Так, например, взрывчатое разложение 1 моль нитроглицерина протекает по такой реакции:



Формула взрывчатого разложения (для 1 кг) аммонита, состоящего из смеси 88% аммиачной селитры и 12% тротила, имеет вид:



10. Объем газов взрыва некоторых взрывчатых веществ (по Л. Н. Марченко)

ВВ	Плотность, при которой производились испытания, г/см ³	Объем газов взрыва, л/кг
Гремучая ртуть	—	315
Азид свинца	—	308
Тенерес	—	407
Нитроглицерин	1,6	715
Нитроглицоль	1,496	738
Нитродиглицоль	1,39	1028
Коллодный хлопок	1,0	936
Гексоген	1,62	890
Тэн	1,6	790
Тетрил	1,45	740
Пикриновая кислота	1,63	675
Тротил	1,55	750
Динитронафталин	1,0	750

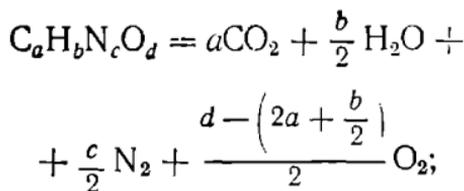
Расчет состава продуктов взрыва осуществляется по следующей методике:

а) элементарный состав ВВ соответствует общей формуле $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c\text{O}_d$;

б) для получения положительного или нулевого кислородного баланса должно быть следующее соотношение коэффициентов в формуле:

$$d \geq 2a + \frac{b}{2};$$

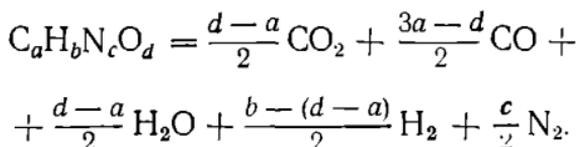
в) реакция превращения ВВ такого состава выражается уравнением



г) для получения отрицательного кислородного баланса соотношение коэффициентов должно быть следующим:

$$d < 2a + \frac{b}{2};$$

д) реакция превращения ВВ в этом случае протекает по уравнению



Объем продуктов при взрыве граммолекулы ВВ, приведенный к нормальным условиям (V), определяется из уравнения

$$V_0 = n22,4,$$

где n — число молей газообразных продуктов взрыва.

Удельный объем (объем газов при взрыве 1 кг ВВ) определяется из следующего выражения:

$$V_{уд} = \frac{22\,400n}{M},$$

где M — молекулярный вес ВВ.

Если взрывчатое вещество является не химическим соединением, а смесью, то удельный объем газов определяют по формуле

$$V_{\text{уд}} = \frac{22\,400 \sum n}{N_1 M_1 + N_2 \cdot M_2 + \dots},$$

где $\sum n$ — суммарное количество молей всех газов взрыва данного количества взрывчатой смеси;

M_1, M_2, \dots — молекулярный вес отдельных компонентов взрывчатой смеси;

N_1, N_2, \dots — количество молей компонентов взрывчатой смеси.

Однако в силу ряда причин в конечных продуктах взрыва всегда имеется некоторое количество ядовитых газов (окись углерода, окислы азота, сероводород, сернистый газ) и при определенных условиях образуются свободный водород и углерод.

Окись углерода (СО) — очень ядовитый бесцветный газ без вкуса и запаха, удельный вес 0,97, он легче воздуха и скапливается в верхней части выработки, способен гореть, а при содержании в воздухе от 12,5 до 75% взрывается. При пребывании в атмосфере с содержанием 0,2% окиси углерода через 45 мин у человека наступает опасное отравление, а несколько вдохов воздуха, содержащего 1% окиси углерода, вызывает смертельное отравление. Предельно допустимая концентрация СО в воздухе не должна превышать 0,0016% по объему (0,02 мг/л). Окись углерода образуется при взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом, т. е. с избытком углерода. Поэтому состав промышленных ВВ подбирают таким образом, чтобы получать их с нулевым или небольшим (0,2—3%) положительным балансом, так как во взрыве принимает участие бумажная парафинированная гильза патрона и необходи-

мо предусмотреть некоторое количество свободного кислорода для горения гильзы. Кроме того, в случае ведения взрывных работ по углю во взрывчатом разложении может принять участие некоторое количество углерода из окружающей заряд среды. Поскольку гильза патрона содержит углерод и может нарушить кислородный баланс ВВ, вес ее ограничивают: на 100 г вес бумажной гильзы не должен быть больше 2 г, а парафина — не более 2,5 г.

Оксиды азота (NO_2 , N_2O_3) — очень ядовитые газообразные вещества, не имеют запаха и вкуса, образуются в виде тяжелых желто-бурых паров. Опасной является концентрация их в воздухе 0,01—0,015%, при 0,025% человеку угрожает смерть. Безвредным считается содержание в атмосфере оксидов азота (в пересчете на N_2O_5) не более 0,0001% по объему (0,005 мг/л). Образуются оксиды азота при взрыве ВВ с положительным кислородным балансом, а также в больших количествах при выгорании динамитов, при взрывании аммонитов, имеющих повышенную влажность. Поэтому на подземных работах запрещается применять аммиачно-селитренные ВВ, имеющие влажность более 0,5%, и на открытых работах — более 1,5%.

Сероводород (H_2S) — газ без цвета, имеет характерный запах тухлых яиц, удельный вес его 1,1, при содержании в воздухе 6% образует взрывчатую смесь. Сероводород очень ядовит: при содержании в воздухе 0,05—0,07% через час наступает опасное отравление человека, а при 0,1% быстро наступает смерть. Предельно допустимая концентрация в действующих выработках не должна превышать 0,00066% по объему

(0,015 мг/л). Сероводород помимо выделения из окружающих пород может образовываться в процессе ведения взрывных работ, особенно при неполных взрывах, а также по породам, содержащим серу или ее соединения.

Сернистый газ (SO_2) бесцветен, обладает острым запахом и вкусом, удельный вес 2,2, очень ядовит. При содержании его в воздухе 0,02% опасен для жизни людей даже при кратковременном воздействии.

Допустимая концентрация его в рудничном воздухе действующих выработок не превышает 0,0007% по объему. Образуется при взрывных работах, а также при подземных пожарах и т. п.

Углекислый газ (CO_2) не имеет запаха и цвета, удельный вес 1,529, т. е. он тяжелее воздуха и скопляется в нижней части выработки. Источниками повышения содержания углекислого газа в рудничной атмосфере являются: гниение древесины, подземные пожары и взрывы пыли, сульфидные выделения, дыхание людей и др., а также взрывные работы (например, 1 кг студенистого динамита дает 250 л углекислого газа).

При содержании в воздухе 20% углекислого газа и выше может наступить смертельное отравление. Смертельно опасен также так называемый мертвый воздух, состоящий из 5—15% углекислого газа и 95—85% азота. Допустимое содержание углекислого газа в воздухе 0,5%.

Пары ртути без цвета, запаха и вкуса. Вызывают хроническое отравление центральной нервной системы, а также почек. Допустимая концентрация 0,00001 мг/л.

Количество ядовитых газов в пересчете на

окись углерода определяется из следующего выражения:

$$X = CO + 6,5NO_2 + 2,5(SO_2 + H_2S).$$

Состав и количество ядовитых газов зависит от многих факторов, в том числе от среды (табл. 11).

11. Влияние горных пород на количество ядовитых газов, л/кг (по Б. Д. Росси)

Сумма ядовитых газов в условной окиси углерода в разных породах	Взрывчатое вещество					
	Аммонит № 1 порошкообразный	Аммонит № 6 прессованный	Аммонит № 7	Дифагалит	Аммонит АП-1	Аммонит № 8
Уголь	—	68,5	97,8	110,9	58,6	98,2
Глинистый сланец	—	12,2	43,7	39,6	27,3	45,2
Апатит	22,4	21,2	28,0	23,5	14,8	17,6
Ийолит-уртит	14,3	14,6	17,2	15,6	19,6	—
Железная руда	61,6	63,5	55,7	73,8	81,4	118,2
Джеспилит	145,3	143,6	126,8	105,5	65,4	—
Медный колчедан	26,8	31,1	36,6	58,7	—	—
Порфириды	80,6	85,8	77,9	51,4	61,8	67,2

Детонация ВВ

Взрывчатое разложение, протекающее с огромной постоянной и максимальной для данного ВВ скоростью (около 3000—8000 м/сек), называется детонацией. Сущность детонации заключается в том, что образующаяся при взрыве капсюля детонатора или другого инициатора ударная волна распространяется по заряду бризантного ВВ, сжимая и разогревая последовательно его слои, отчего происходит реакция пре-

вращения ВВ. Это в свою очередь вызывает детонацию близлежащих слоев ВВ. Таким образом образуется волна детонации, которая распространяется на весь заряд.

Скорость детонации (скорость линейного перемещения волны детонации по заряду) определяется по формуле

$$D = \frac{1}{1 - \rho\alpha} \sqrt{2Q(K^2 - 1) \cdot 427 \cdot 9,81},$$

где D — скорость детонации, м/сек;

ρ — плотность ВВ, г/см³;

α — коволюм, или несжимаемая часть, газов, л./кг. При плотностях, меньших 1, $\alpha = 0,001V_0$, где V_0 — объем продуктов взрыва 1 кг ВВ, определяемый по формуле на стр. 51. При расчете взры-

12. Значение α для различных газов

Газ	Молекулярный вес	Химическая формула	Величина коволюма, выраженная			Теплоемкость C_N , ккал/град.к.моль
			в литрах для килограммо-декулы газа	в долях объема (в литрах для 1 л газа)	в литрах для 1 кг газа	
Азот	28	N ₂	13,5	0,00062	0,49	7
Водород	2	H ₂	5,6	0,00025	2,8	7
Вода (пар)	18	H ₂ O	8,1	0,00036	0,45	12
Кислород	32	O ₂	11,5	0,00051	0,35	7
Двуокись углерода	44	CO ₂	15,2	0,00068	0,345	13
Окись углерода	28	CO	15,2	0,00068	0,250	7
Углерод (графит)	12	C	5,3	—	0,44	6

ва бризантных ВВ и плотности заряжения $\rho \geq 1 \text{ г/см}^3$ проф. О. Е. Власов рекомендует следующие значения коволюма (табл. 12);

Q — теплота взрыва, ккал/кг ;

K — показатель адиабаты детонации, определяется по формуле

$$K = \frac{c_v + R}{c_v},$$

где c_v — средняя молекулярная теплоемкость продуктов взрыва при постоянном объеме, $\text{кал/град} \cdot \text{кмоль}$;

R — газовая постоянная ($1,98 \text{ кал/г} \cdot \text{град}$).

Теоретически теплота взрыва ВВ подсчитывается как разность теплоты образования продуктов взрыва и теплоты образования самого ВВ:

$$Q = q_1 - q_2,$$

где q_1 — теплота образования продуктов взрыва;

q_2 — теплота образования ВВ или его составных частей.

Учитывая то обстоятельство, что работа газов взрыва при их расширении от объема заряда ВВ до объема занимаемого при нормальных условиях составляет $q_3 = 0,58n$, где n — суммарное количество молей газов взрыва, теплота взрыва 1 моль ВВ при постоянном объеме газов (т. е. в момент взрыва)

$$Q_v = Q + 0,58n,$$

а теплота взрыва 1 кг ВВ

$$Q'_v = \frac{(Q + 0,58n) \cdot 1000}{M}.$$

Свойства взрывчатых веществ

Все взрывчатые вещества разделяются по характеру действия, по составу и по условиям применения.

По характеру действия на окружающую среду взрывчатые вещества делятся на метательные (фугасные) и дробящие (бризантные). При взрыве метательных ВВ происходит медленное нарастание давления, поэтому порода обрывается крупными кусками и отбрасывается на большое расстояние.

Дробящими, или бризантными, называют такие ВВ, взрыв которых проходит с очень высокими скоростями взрывчатого разложения при значительной скорости нарастания давления внутри взрывающей среды, что приводит к ее дроблению — разрушению.

Взрывчатые вещества, предназначенные для возбуждения взрыва других ВВ, носят название инициирующих (гремучая ртуть, азид свинца и др.). Эти высокочувствительные ВВ детонируют не только от удара, но также от пламени, искры и других импульсов; ими наполняют капсюли-детонаторы и электродетонаторы.

При взрывчатом разложении ВВ выделяется огромное количество тепла, паров и газов. Так, например, при взрыве на открытом воздухе 1 кг аммонита (имеющего объем около 1 л) получается 920 л газообразных продуктов. Но под действием высокой температуры, достигающей при взрыве 3200°, эти газообразные продукты увеличиваются в объеме в 12 раз и занимают пространство около 11 000 л. Если взрыв заряда ВВ осуществлять в замкнутой среде (например, в гор-

ной породе), то газы, мгновенно расширяясь, оказывают на окружающую среду сильное давление и могут вызвать ее разрушение. Этим свойством взрывчатых веществ и пользуются в горном деле при ведении взрывных работ. Различают максимальное давление во фронте ударной волны детонации $P_{\text{макс}}$ и среднее давление взрывных газов в объеме заряда $P_{\text{ср}}$.

Максимальное давление определяется из выражения $P_{\text{макс}} = \frac{2(K-1)Q_V}{V_0 - \alpha}$, а среднее давление $P_{\text{ср}} = 0,5 P_{\text{макс}}$.

При коэффициенте заряжения меньше единицы среднее давление

$$P_{\text{ср}} = 0,0034 \cdot \frac{V_0 T \Delta}{1 - \alpha \Delta},$$

где T — температура взрыва в градусах абсолютной шкалы;

Δ — плотность заряжения, $г\text{ см}^3$.

Если в продуктах взрыва имеются твердые вещества в объеме β , то давление газов взрыва определяют по следующей формуле:

$$P_{\text{ср}} = 0,0034 \cdot \frac{V_0 T \Delta}{1 - \Delta(\alpha + \beta)}.$$

Поскольку взрывчатое разложение ВВ происходит за малый промежуток времени, в течение которого выделяется довольно значительная энергия, мощность их чрезвычайно велика. Так, например, при взрыве 1 кг динамита за время 0,00002 сек развивается мощность в 300 млн. л. с.; мощность аммонита № 8 при скорости взрыва 2800 м/сек составляет 10,9 млн. л. с.

Взрывные свойства ВВ характеризуются двумя важнейшими показателями: бризантностью

и работоспособностью. Чем больше работоспособность ВВ, тем больший объем породы оно в состоянии будет разрушить, а чем больше бризантность ВВ, тем мельче будет дробление разрушаемой им породы.

Бризантностью ВВ называют способность дробить разрушаемую породу на более или менее мелкие куски; она зависит в основном от скорости

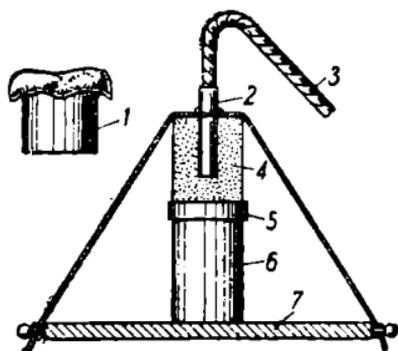


Рис. 1. Прибор для испытания бризантного действия ВВ:

1 — свинцовый цилиндр после взрыва навески ВВ; 2 — капсюль-детонатор; 3 — огнепроводный шнур; 4 — гильза; 5 — стальная пластинка; 6 — свинцовый цилиндр до взрыва; 7 — стальная плита.

взрывчатого разложения ВВ и определяется путем испытания по специальному методу (проба Гесса). При этом цилиндр 6 (рис. 1) из чистого рафинированного свинца диаметром 40 мм и высотой 60 мм, будучи установлен на стальной плите, подвергается воздействию взрыва заряда испытываемого ВВ весом 50 г, помещенного в бумажной гильзе диаметром 40 мм сверху свинцового цилиндра.

Поверх заряда кладется картонный кружок толщиной 1,3—2 мм и диаметром 38—39 мм, имеющий в центре отверстие диаметром 7,5 мм, через которое в заряд помещают детонатор. После взрыва свинцовый цилиндр 1 сжимается на какую-то величину, которая, будучи выражена в миллиметрах, определяет бризантность ВВ.

Работоспособностью ВВ называется способ-

ность производить разрушение массива и перемещение отдельных кусков; она зависит от объема газов и количества тепла, образующихся при взрыве ВВ. Работоспособность определяется лабораторным путем по расширению канала в свинцовом цилиндре (бомба Трауцля) диаметром 200 мм и высотой 200 мм (рис. 2), в котором просверливается канал диаметром 25 мм и глубиной 125 мм. На дне канала помещается навеска испытываемого ВВ весом 10 г, остальная часть канала заполняется песком. После взрыва заряда канал бомбы расширяется и принимает грушевидную форму;

объем канала замеряют водой. Из полученного объема вычитаются

объем канала бомбы до взрыва (61 см^3) и величина расширения, полученная за счет взрыва электродетонатора (28 см^3), а оставшееся значение объема канала является величиной работоспособности данного ВВ.

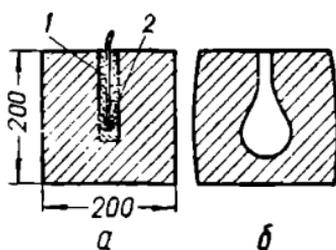


Рис. 2. Свинцовая бомба для определения работоспособности ВВ:

а — до взрыва; *б* — после взрыва; 1 — забойка; 2 — детонатор.

Кумулятивное действие взрыва

При инициировании заряда ВВ вслед за детонационной волной по заряду движутся продукты взрыва. Скорость их движения по заряду значительно меньше скорости детонации.

На поверхности же заряда эти частицы, отражаясь от общей массы примерно под углом 45° к направлению движения детонационной волны,

приобретают значительно большую скорость, чем та, с которой движется основная масса продуктов взрыва по заряду. Это явление можно использовать, применяя специальной конструкции заряд с конусообразным или сферическим углублением в торцовой части. Благодаря этим углублениям ударные волны и продукты взрыва фокусируются, создавая мощный концентрированный поток элементарных волн и струй продуктов взрыва, обладающий большей энергией за счет уплотнения и увеличения скорости кумулятивной струи до 14—16, а иногда до 25—30 тыс. м/сек.

Факторы, влияющие на скорость детонации

Скорость детонации зависит от физико-механических свойств ВВ, начального инициального импульса, плотности патронирования, диаметра патрона и др.

У ВВ, являющихся механическими смесями, скорость детонации зависит не только от природы компонентов, но и от степени измельчения, равномерности смешения, плотности соприкосновения частиц смеси.

В зависимости от вида и силы начального инициального импульса ВВ может детонировать, гореть без взрыва или давать взрывное горение.

Наиболее надежно и устойчиво детонация современных промышленных ВВ протекает при сообщении им начального инициального импульса сильным резким ударом. Такой импульс вызывается детонацией небольшого количества гремучей ртути, азида свинца, тэна, тетрина, гексо-

гена и некоторых других ВВ, называемых иницирующими.

На скорость детонации существенное влияние оказывает плотность взрывчатого вещества. Увеличение плотности патронирования или прессования до определенных пределов для каждого ВВ приводит к увеличению скорости детонации; дальнейшее повышение плотности приводит к неустойчивости детонации и по достижении критического значения — к отказу.

Аналогичное явление наблюдается и при уменьшении диаметра патрона до критического значения. Критическая плотность большинства применяемых аммонитов в зарядах диаметром 32—40 мм равна 1,3—1,6 г/см³.

У каждого промышленного ВВ есть предельная скорость детонации. Для порошкообразных ВВ она достигается при диаметре заряда, равном 7—10 критическим диаметрам, у тротила максимальная скорость детонации — при взрыве заряда диаметром 60 мм.

Чувствительность ВВ к удару определяется на специальном приборе, называемом копром.

Навеску ВВ весом 0,03 — 0,5 г закладывают в штемпельный приборчик, устанавливают на наковальню и опускают с высоты 25 см груз весом 10 кг. Показателем относительной чувствительности служит высота падения груза весом 2 кг, при которой из шести опытов имеется хотя бы один взрыв. В табл. 13 приведены результаты испытаний некоторых ВВ на чувствительность.

При определенных условиях взрывом одного заряда (активного) можно вызвать детонацию другого (пассивного) заряда. Способность заряда

ВВ взрывать при взрыве расположенного вблизи активного заряда характеризует восприимчивость ВВ к детонации.

13. Результаты испытаний ВВ на чувствительность к удару

ВВ	Чувствительность к удару	
	Первая проба, %	Вторая проба, см
Азид свинца	—	3—4
Гремучая ртуть	—	2
Тенерес	—	11
Аммиачная селитра	—	200
Гексоген	65—70	29
Нитроглицерин	100	4
Тетрил	50—60	30
Тротил	2—8	60—70
Тэн	100	28
Аммониты	10—60	30—70
Динамиты	100	17—30
Предохранительные ВВ	10—40	—
Оксиликвиты	100	—

Детонация от заряда к заряду передается главным образом быстролетающими твердыми частицами (в жидкостях детонация может осуществляться в результате непосредственного действия ударной волны) от взрыва активного заряда.

Дальность передачи детонации зависит от целого ряда факторов (свойств ВВ активного и пассивного зарядов, веса активного заряда, свойств окружающей среды и др.). Вероятность передачи детонации при расположении активного и пассивного зарядов в трубе, штольне и шпуре возрастает.

Открытый тротиловый заряд прямоугольной формы передает детонацию такому же заряду при расстоянии между ними $R \leq 0,05 \sqrt[3]{C_{ВВ}}$ м.

Динамит на воздухе детонирует при расстоянии между активным и пассивным зарядами $R = (0,5 \div 1) \sqrt[3]{C_{ВВ}}$ м и в шпуре при $R \leq (2,5 \div 4,5) \sqrt[3]{C_{ВВ}}$ м, где $C_{ВВ}$ — вес активного заряда, кг.

Классификация взрывчатых веществ

Величина работоспособности ВВ определяет их мощность, в зависимости от которой ВВ подразделяются на следующие группы:

1) ВВ повышенной мощности (тэн, гексоген и др.);

2) ВВ нормальной мощности (динамит, детониты, тротил, пироксилин, скальный аммонит, аммонал и др.);

3) ВВ пониженной мощности (большинство аммонитов, оксиликвиты, так называемые эквивалентные ВВ, малоплотные ВВ и некоторые другие). К этой же группе следует отнести ВВ в оболочках, которые, хотя и содержат взрывчатое ядро из ВВ нормальной мощности, однако из-за наличия оболочки в целом характеризуются малой эффективностью взрывного действия на единицу веса заряда. По характеру взрывного действия к ВВ пониженной мощности можно отнести также средства беспламенного взрывания (кардокс, гидрокс, аэрдокс), которые, хотя и не являются взрывчатыми веществами, предназначаются для целей разрушения горного массива, как и ВВ.

По физическому состоянию взрывчатые вещества делятся на две группы: однородные взрывчатые химические соединения и взрывчатые механические смеси. К группе химических соединений относятся такие, у которых составные части химически соединены между собой и механически не делимы (нитроглицерин, нитроглицоль, гремучая ртуть, тетрил, пироксилин, аммиачная селитра, тротил и др.).

К группе механических смесей относятся такие, у которых составные части химически не соединены, а только хорошо перемешаны и могут быть отделены друг от друга простыми физическими способами (динамиты, аммониты, оксилквиты, детониты, аммоналы и др.).

По условиям применения взрывчатые вещества делят на три группы:

I группа — допущенные к применению на всех подземных и открытых работах, включая шахты, опасные по газу или пыли (предохранительные взрывчатые вещества);

II группа — допущенные к применению на всех подземных и открытых работах, за исключением шахт, опасных по газу или пыли;

III группа — допущенные только для открытых работ.

Первая группа в свою очередь подразделяется на:

а) ВВ, допущенные для шахт, опасных по газу или пыли всех категорий, для работ по углю и породе;

б) допущенные для шахт, опасных по газу I и II категорий и шахт, опасных по пыли, при взрывании только по породе.

Для отличия разных групп ВВ оболочки патронов окрашиваются в разные цвета:

а) желтый цвет имеют предохранительные ВВ, допущенные для взрывания по углю и породе;

б) синий — предохранительные ВВ, допущенные для взрывания только по породе;

в) зеленый — ВВ, допущенные для взрывания в серных рудниках;

г) красный — не предохранительные ВВ, допущенные для взрывания в шахтах, не опасных по газу или пыли;

д) белый — не предохранительные ВВ, допущенные к применению только на открытых работах. Патроны взрывчатых веществ, допущенных к применению на подземных работах, могут иметь белый цвет, но с обязательной желтой, синей или красной диагональной полосой.

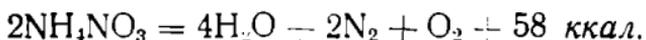
Взрывчатые вещества, допущенные к применению на взрывных работах

Все ВВ, допущенные к применению на взрывных работах, в зависимости от состава и свойств подразделяются на аммиачно-селитренные, нитроглицериновые, нитропроизводные ароматического ряда, оксидквиты и пороха.

Большое распространение начинают получать аммиачно-селитренные ВВ с добавкой 5—15% нитроглицерина или смеси его с нитрогликолем. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества представляют собой механическую смесь аммиачной селитры с нитропроизводными ароматического ряда (тротил, ксилитл и др.) или горючими веществами (древесной

мукой, опилками, жмыхами, дизельным топливом и др.).

Основной составной частью аммиачно-селитренных ВВ является аммиачная селитра NH_4NO_3 , которая представляет собой кристаллический порошок белого или слегка желтоватого цвета, легко поглощающий влагу из воздуха. Она обладает двумя крупными недостатками — гигроскопичностью и слеживаемостью, которые в большей или меньшей степени присущи всем аммиачно-селитренным ВВ и отрицательно сказываются на их взрывных свойствах. Так, например, при содержании влаги в аммонитах несколько более 1—1,5% они не взрываются, а горят; слежавшиеся порошкообразные аммониты дают отказы или неполные взрывы. При сильном инициальном импульсе взрывчатое разложение аммиачной селитры происходит по следующему уравнению:



Для придания водостойчивости при изготовлении аммиачно-селитренных ВВ к ним добавляется небольшое количество стеаратов кальция или цинка, а также парафина с асфальтитом и различных масел. Однако лучшие показатели водостойчивости ВВ получаются в случае изготовления их с применением водостойчивой, так называемой ожелезненной селитры ЖВ. Этот сорт селитры отличается тем, что ее кристаллы обработаны железными солями высокомолекулярных жирных кислот.

Основной составной частью нитроглицериновых ВВ является нитроглицерин $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$, бесцветное, жидкое, масляни-

стое вещество с удельным весом $1,6 \text{ г/см}^3$. Он очень опасен в обращении, скорость его детонации изменяется от 1165 до 9150 м/сек , работоспособность 550 см^3 , бризантность 20 мм , чувствителен к удару, температура вспышки 180°С . Чистый нитроглицерин замерзает (кристаллизуется) при $+13,2$ и $-2,2^\circ \text{С}$ и в этом состоянии еще более опасен в обращении. Другим жидким взрывчатым веществом, применяемым в качестве составной части нитроглицериновых ВВ, является нитрогликоль $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2$, который представляет собой бесцветную прозрачную жидкость, имеющую удельный вес $1,49$, скорость детонации 8300 м/сек , работоспособность 650 см^3 и бризантность 30 мм . Он легко смешивается с нитроглицерином, и, поскольку его температура замерзания $-22,6^\circ \text{С}$, температура замерзания смеси нитроглицерина с нитрогликолем намного ниже, чем чистого нитроглицерина. Взрывчатое разложение нитрогликоля протекает по уравнению $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$, а реакция разложения нитроглицерина — по уравнению $4\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 = 12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 6\text{N}_2 + \text{O}_2$.

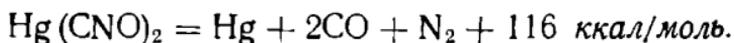
Т р о т и л (тол, тринитротол) $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ — твердое вещество, применяемое в качестве самостоятельного ВВ на открытых работах и для добавок при изготовлении многих промышленных ВВ, в том числе аммонитов. Плотность плавленого тротила $1,6 \text{ г/см}^3$, прессованного $1,55 \text{ г/см}^3$, скорость детонации до 7000 м/сек , работоспособность 360 см^3 , бризантность 15 мм .

К первичным инициирующим взрывчатым веществам, наиболее широко применяющимся в

практике горного дела, относятся гремучая ртуть и в меньшей степени азид свинца и тенерес.

Гремучая ртуть $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ — мелкокристаллическое вещество белого или серого цвета, удельный вес кристаллов $4,42 \text{ г/см}^3$, гравиметрическая плотность $1,6 \text{ г/см}^3$, температура вспышки $160\text{—}165^\circ \text{C}$. Гремучая ртуть очень чувствительна к огню и механическим воздействиям (даже при царапании или переламывании кристаллика происходит взрыв), поэтому она применяется в качестве первичного инициирующего вещества при изготовлении детонаторов.

Гремучая ртуть разлагается по уравнению

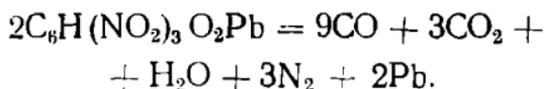


В алюминиевые гильзы ее помещать нельзя, так как гремучая ртуть с алюминием образует очень опасные соединения — фульминаты. В увлажненном виде гремучая ртуть способна выгорать без детонации, поэтому влажность ее не должна превышать $0,03\%$. Объем газов взрыва гремучей ртути 315 л/кг , теплота взрыва 429 ккал/кг , температура взрыва 4400°C , скорость детонации 4850 м/сек .

Азид свинца $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ — мелкокристаллический порошок белого цвета, гравиметрическая плотность $1,34 \text{ см}^3$, не боится влаги. Взрывчатое разложение азид свинца идет по уравнению $\text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{Pb} + 3\text{N}_2$. В присутствии влаги и углекислоты он легко взаимодействует с медью, образуя очень чувствительный азид окисной меди, поэтому детонаторы с азидом свинца изготовляют в алюминиевых или картонных гильзах. Объем газов взрыва азид свинца

308 л/кг, теплота взрыва 367 ккал/кг, температура взрыва 3400° С, скорость детонации 4800 м/сек.

Для безотказности действия в детонатор, снаряженный азидом свинца, добавляют небольшое количество тенереса (более чувствительного к огню) $C_6H(NO_2)_3O_2Pb \cdot H_2O$, реакция взрывчатого превращения которого имеет следующий вид:



Объем газов взрыва тенереса составляет 407 л/кг, теплота взрыва 370 ккал/кг, скорость детонации 5200 м/сек.

В качестве вторичных инициирующих ВВ при изготовлении детонаторов наиболее часто применяются тетрил, тэн и в меньшей степени гексоген.

Т е т р и л $C_6H_2(NO_2)_3N(NO_3)CH_2$ — мелкокристаллическое ВВ бледно-желтого цвета, плотность в прессованном виде 1,6 г/см³, работоспособность 380 см³, бризантность [22 мм, скорость детонации 7200—7700 м/сек, объем газов взрыва 742 л/кг, теплота взрыва 1078 ккал/кг, температура взрыва 3915° С, не боится влаги, очень восприимчив к детонации и хорошо передает ее другим ВВ.

Т э н $C(CH_2ONO_2)_4$ — кристаллический порошок белого цвета, плотностью в прессованном виде 1,62—1,77 г/см³, не боится влаги, скорость детонации 8200—8700 м/сек, бризантность 25—26 мм, работоспособность 500 см³, объем газов взрыва 780 л/кг, теплота взрыва 1410 ккал/кг, температура взрыва 4010° С. Тэн применяется для изготовления детонирующего шнура.

Гексоген $C_3H_6N_3(NO_2)_3$ — кристаллический порошок белого цвета, влагоустойчив, скорость детонации 8300 м/сек, работоспособность 520 см³, бризантность 29 мм, объем газов взрыва 908 л/кг, теплота взрыва 1500 ккал/кг, температура взрыва 3850°С. Гексоген применяется для изготовления детонирующего шнура, а также некоторых сортов аммонитов и в виде сплавов и смесей с тротилом (для открытых горных работ).

Предохранительные взрывчатые вещества. В шахтах, опасных одновременно и по метану, и по угольной пыли, взрывные работы представляют наибольшую опасность, так как угольная пыль в присутствии метана становится более взрывоопасной, так же как и вероятность взрыва метана в присутствии пыли возрастает. По данным Макеевского научно-исследовательского института (МакНИИ), минимальная взрывчатая концентрация угольной пыли на шахтах Донбасса равна 30—50 г на 1 м³ воздуха, но при наличии 2,5% метана достаточно всего 8 г пыли на 1 м³ воздуха. Таким образом, наличие в рудничном воздухе одновременно метана и угольной пыли даже в незначительных концентрациях может привести к возникновению взрыва.

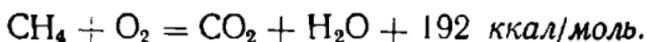
Опасность взрывных работ в шахтах, где одновременно имеются и метан, и угольная пыль, значительно больше, чем в шахтах, опасных только по газу или только по угольной пыли. Это объясняется еще и тем, что в таких шахтах местный взрыв или вспышка метановоздушной смеси при наличии пыли может поднять и воспламенить ее и, таким образом, вызвать катастро-

фическое бедствие. Газообильность определяется по количеству метана, выделяющемуся в единицу времени. В соответствии с этим угольные шахты разделяют на четыре категории (табл. 14).

14. Категории шахт в зависимости от количества метана, выделяющегося в сутки на 1 *m* среднесуточной добычи

Относительная газообильность шахт, м ³			
Категория по метану			Сверхкатегорные
I	II	III	
До 5,0	От 5 до 10	От 10 до 15	15 и выше, или шахты, разрабатывающие пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа и по суффлярным выделениям

При содержании метана в рудничной атмосфере до 5—6% и свыше 14—16% и отсутствии угольной пыли метановоздушная смесь не способна взрываться, но может воспламениться. Наличие метана в пределах от 5—6 до 14—16% вызывает взрыв рудничной атмосферы, причем взрыв достигает наиболее разрушительной силы при содержании метана в смеси 9,45% по объему. Воспламенение метановоздушной смеси возможно при температуре 650—750°С, хотя при такой температуре оно происходит не мгновенно, а примерно через 10 сек. По мере повышения температуры время задержки воспламенения сокращается, и при 2000°С метановоздушная смесь воспламеняется мгновенно. При взрыве смеси метана с кислородом метан окисляется:



Взрывчатыми являются также смеси других газов с воздухом и кислородом (табл. 15).

15. Пределы горючести газов при атмосферном давлении и температура их вспышки

Газ	Пределы горючести газов, %		Температура вспышки, °С
	в смеси с воздухом	в смеси с кислородом	
Метан	5—16	5—60	650—750
Этан	3—14	4—50	530—594
Пропан	2,1—9,5	—	530—558
Бутан	1,5—8,5	—	—
Пентан	1,4—6,0	—	515
Этилен	3—33,5	3—80	543
Ацетилен	2,3—82	2,8—93	427—480
Окись углерода	12,5—75	13—96	650
Водород	4,1—75	4,5—95	550—610
Сероводород	4,3—45,4	—	—

С повышением давления пределы воспламенения метановоздушной смеси меняются (табл. 16).

16. Зависимость пределов воспламенения метановоздушной смеси от давления (по Е. Л. Бурмистровичу)

Давление, ат	Нижний предел, %	Верхний предел, %
1	4,5	14,2
32	4,45	44,2
64	4,0	52,9
128	3,6	59,0
192	3,15	60,0

Максимальный разрушительный эффект от воспламенения пылевоздушной смеси получается при содержании пыли в 1 м³ воздуха от 300 до 600 г; смесь такой концентрации наиболее легко воспламеняется: температура ее воспламенения от 700—800 до 1100° С.

Общим направлением при создании предохранительных ВВ является максимальное снижение температуры (теплоты) взрыва за счет введения в состав вещества соответствующих количеств невзрывчатых материалов (пламегасителей), поглощающих тепло. Это необходимо потому, что метановоздушная смесь воспламеняется не мгновенно, а с некоторой задержкой. Например, при температуре 650° С смесь воспламеняется через 10 сек. С повышением температуры время задержки воспламенения изменяется (табл. 17).

17. Задержка воспламенения метановоздушной смеси, сек

Содержание метана в смеси, %	Температура, °С				
	775	875	975	1075	1175
6	1,08	0,35	0,122	0,039	—
8	1,15	0,37	0,138	0,042	0,012
10	1,4	0,41	0,148	0,049	0,018
12	1,64	0,44	0,16	0,055	0,02

Таким образом, если в течение времени, меньшем, чем задержка воспламенения смеси, снизить температуру продуктов взрыва ВВ до безопасных значений, то можно предотвратить ее взрыв. Этот принцип положен в основу создания ВВ для шахт, опасных по газу. На скорость реакции окисления метана, температуру вспышки и вре-

мя задержки оказывают влияние различные активные добавки, причем одни из них уменьшают время задержки и снижают температуру вспышки (табл. 18), другие, наоборот, являются отрицательными катализаторами (табл. 19).

18. Влияние добавок двуокиси азота на параметры вспышки метановоздушной смеси, содержащей 7,5 % метана (по Л. В. Дубнову)

Температура стенок сосуда, °С	Время задержки, сек, при содержании NO ₂ , %			
	0	1	2	4
490	—	—	Воспламенения нет	3,8
500	—	—	3,93	2,35
510	—	Воспламенения нет	2,63	1,84
520	—	2,48	2,03	—
530	—	—	1,7	1,0
590	Воспламенения нет	0,55	0,52	—
690	2,33	—	—	—

19. Влияние отрицательных гомогенных катализаторов на параметры вспышки метановоздушной смеси (по Л. В. Дубнову)

Вещество	Концентрация	Температура вспышки, °С	Время задержки, сек
Метановоздушная среда без добавки отрицательного катализатора	—	632	18,5
Пары йода	0,2	749	3,6
Йодистый этил C ₂ H ₅ I	0,03	760	2,8
Бромистый этил C ₂ H ₅ Br	0,24	744	3,6
Тетрабутилсвинец (C ₄ H ₉) ₄ Pb	Следы	707	55,0

На практике наиболее часто применяют гетерогенные катализаторы (пламегасители), которыми являются различные соли (табл. 20 и 21). В качестве пламегасителей используются преимущественно так называемые каталитически активные соединения (поваренная соль NaCl, хлористый калий KCl, бикарбонат натрия

20. Влияние отрицательных гетерогенных катализаторов на температуру вспышки и время задержки воспламенения метановоздушной смеси, содержащей 8,3% метана (по Л. В. Дубнову)

Соль	Температура вспышки, °С	Время задержки, сек
Без соли	670	5,2
Углекислый кальций (CaCO ₃)	710	2,05
Хлористый барий (BaCl ₂)	720	1,53
Хлористый натрий (NaCl)	730	3,1
Сернокислый натрий (Na ₂ SO ₄)	740	3,2
Фтористый калий (KF)	730	12,8
Сернокислый калий (K ₂ SO ₄)	760	5,25
Хлористый калий (KCl)	800	5,6
Углекислый калий (K ₂ CO ₃)	800	1,8
Хлористый литий (LiCl)	790	4,2
Хлористый цезий (CsCl)	810	4,0

NaHCO₃ и др.), которые не только охлаждают продукты взрыва, но и каталитически тормозят реакцию окисления горючих газов и угольной пыли в атмосфере. Благодаря этому можно допустить у предохранительного ВВ выделение большего количества полезно используемой тепловой энергии, так как пламегаситель, помимо охлаждения газообразных продуктов взрыва, активно тормозит реакцию окисления (горения) в атмосфере. Поэтому чем больше суммарная поверх-

ность частичек пламегасителя, тем выше безопасность ВВ; поверхность же этих частичек (при равной массе) будет тем больше, чем меньше их размеры.

21. Влияние добавки 10% различных пламегасителей к ВВ, состоящему из смеси 72% аммиачной селитры и 18% тротила, на вероятность воспламенения метановоздушной смеси

Пламегаситель	Удельная теплоемкость пламегасителя	Процент вспышек газа
Фтористый калий (KF)	0,2	0
Первичный фосфорнокислый калий (KH_2PO_4)	0,208	20
Хлористый калий (KCl)	0,162	40
Сернокислый калий (K_2SO_4)	0,178	40
Азотнокислый калий (KNO_3)	0,221	60
Хлористый натрий (NaCl)	0,206	60
Углекислый натрий (Na_2CO_3)	0,273	70
Фтористый кальций (CaF_2)	0,215	80
Углекислый кальций (CaCO_3)	0,189	100
Хлористый аммоний (NH_4Cl)	0,363	100
Уксуснокислый свинец $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	0,134	100

Основные требования, предъявляемые к предохранительным ВВ, сводятся к следующему:

а) энергия предохранительных ВВ, выделяемая при взрыве, а значит, и температура продуктов взрыва должны быть ограничены, так как при большой энергии и температуре взрыва может произойти воспламенение метана или угольной пыли;

б) по этой же причине должна быть ограничена сила ударной волны, хотя вероятность воспла-

менения метановоздушной смеси от ударной волны невелика, так как длительность сжатия, вызываемого волной, меньше времени, необходимого для нагревания смеси до температуры вспышки (так называемый период индукции);

в) ВВ должны устойчиво детонировать и безотказно передавать детонацию от патрона к патрону, при этом должна обеспечиваться полнота детонации;

г) предохранительные ВВ не должны быть чувствительными к удару и трению;

д) важным условием является постоянство свойств ВВ в процессе хранения их в течение гарантийного срока;

е) ВВ не должны содержать металлических частиц, способных гореть с высокой температурой (например, алюминий и другие металлы);

ж) влажность предохранительных ВВ не должна превышать 0,5%;

з) содержание ядовитых газов (окиси углерода, окислов азота и сернистых газов) в продуктах взрыва не должно превышать 40 л при взрыве 1 кг ВВ в пересчете на окись углерода СО, принимая во внимание, что 1 л окислов азота эквивалентен по токсичности 6,5 л окиси углерода, а 1 л сернистых газов — 2,5 л окиси углерода.

Воспламенение метановоздушной и пылевоздушной смесей при ведении взрывных работ наиболее часто происходит по следующим причинам: а) от пламени взрыва открытого заряда; б) от пламени выгорающего в шпуре заряда; в) от пламени выгорающего детонатора и г) от электрической искры взрывной машинки.

Таким образом, при неправильном ведении

взрывных работ, когда из-за плохого качества забойки или обнажения заряда предыдущим взрывом происходит взрыв патрона ВВ с непосредственным контактом пламени газов взрыва с опасной средой, она почти всегда воспламеняется при весе заряда ВВ 100 г и более.

Все же применение предохранительных ВВ намного снижает опасность воспламенения газа или пыли, и при строгом выполнении мер безопасности, требуемых «Едиными правилами», эту опасность можно полностью ликвидировать.

Как уже отмечалось ранее, для снижения энергии взрыва с целью ограничения температуры продуктов взрыва предохранительных ВВ служат так называемые пламегасители, в качестве которых применяют хлористый натрий или хлористый калий в количестве от 10 до 20%. Для увеличения предохранительных свойств ВВ применяют предохранительные оболочки, представляющие собой наружный слой патрона ВВ, полностью или в преобладающей части состоящий из пламегасителя. Предохранительные оболочки бывают взрывчатые (активные) и невзрывчатые (пассивные).

Активные оболочки обычно состоят из 15—25% мощного ВВ и 75—85% пламегасителя. Толщина стенки оболочки составляет 3—5 см. Невзрывчатые предохранительные оболочки бывают жесткими, полужесткими, порошкообразными и пластичными. Первые готовятся из прессованной поваренной соли, полужесткие — из войлока, фибры и других видов растительного или искусственного волокна, пропитанных раствором пламегасителя. Порошкообразные оболочки готовятся из хлористого калия, хлористого натрия

или бикарбоната натрия, мягкие оболочки готовятся в виде смеси пластикатов с пламегасителем. В Англии полужесткие оболочки изготавливаются в виде войлока (15% по весу), пропитанного бикарбонатом натрия (85%).

Полужесткие оболочки бельгийского производства состоят из 90% бикарбоната натрия и 10% вяжущего (первый вариант) или из 90% бикарбоната натрия, 5% гидрата сульфата натрия и 5% вяжущего (второй вариант).

Мягкие оболочки получают смешением пламегасителей с небольшим количеством вяжущего; полученным составом намазывают бумагу и оборачивают ядро из ВВ (Япония).

К недостаткам невзрывчатых предохранительных оболочек относятся:

1. Снижение эффективности единицы веса заряда, так как для размещения одного и того же количества ВВ необходимо бурить большее количество шпуров или применять шпуры (и патроны) увеличенного диаметра (на 6—10 мм). Вес оболочки составляет от 30 до 80% веса ядра (в СССР — 60—72%, в ФРГ — 80%, в Англии и Японии — 30—33%).

2. Невзрывчатые оболочки имеют трубчатую форму, т. е. торцовые части патрона остаются незащищенными, следовательно, пламя при взрыве заряда может выбрасываться наружу в направлении торцов патронов, создавая опасность воспламенения газа или пыли.

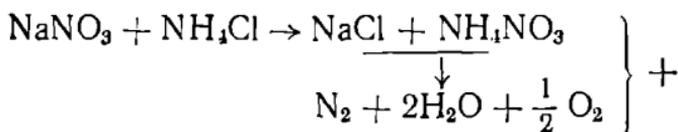
3. Ухудшается передача детонации от патрона к патрону, так как патроны ВВ в предохранительных оболочках имеют двойное число слоев бумаги на торцах; кроме того, инертные соли оболочки могут попасть между торцами патро-

нов, что создает опасность неполной детонации или выгорания заряда.

Взрывчатые оболочки окружают ВВ со всех сторон, в том числе и с торцов патрона.

Таким образом, для предохранительных свойств ВВ в состав взрывчатого вещества вводят пламегаситель или делают наружную оболочку из пламегасителя. Кроме этого, существует третий способ, заключающийся во введении в состав ВВ таких веществ, которые при взрыве вступают в реакцию взаимодействия с образованием новых соединений, обладающих пламегасящими свойствами. В качестве таких веществ может применяться смесь натриевой селитры (NaNO_3) и хлористого аммония.

При этом в процессе взрывчатого разложения ВВ указанные вещества вступают между собой в реакцию по следующей формуле:



+ 30,3 ккал.

В результате этой реакции образуется каталитически активный пламегаситель (тонкодисперсная поваренная соль), кроме того, повышается мощность ВВ, так как реакция идет с выделением тепла и образованием газов. При оценке свойств ВВ подобного типа, называемых ВВ с обменными солями, необходимо обратить внимание на такую важную их особенность (табл. 22).

22. Рецептура некоторых зарубежных эквивалентных ВВ, %

Вывычаемое вещество	Страна	Нитроглицерин желированный	Тяж	Аммиачная селитра	Натриевая селитра	Поваренная соль	Углеродистые материалы	Прочие вещества
Юнибел	Англия	10—12,0	—	46,5—49,5	—	34,5—36,5	3,0—4,0	0,35—2,35
Юникол	»	9—11,0	—	34—37	12,5—17,5	29—32	9—11	0—1,0
Хлористый гризудинамит № 14	Франция	20	—	10	—	68,5	Древесная мука 1,5	—
Хлористый гризудинамит № 15	»	20	—	20	—	58	Древесная мука 2,0	—
Хлористый гризудинамит № 16	»	12,3	—	33	—	49	Торф 5	Динитротолуол 0,7
ВВ № 62	»	—	23	12	—	65	—	—
ВВ № 63	»	—	23	17	—	60	—	—
ВВ № 64	»	—	20	20	—	58,5	—	Динитронафталин 1,5

В состав отечественных высокопредохранительных ВВ с обменными солями входит нитроглицерин, натриевая селитра, хлористый аммоний, поваренная соль.

Вследствие большого различия в скорости взрывчатого разложения нитроглицерина и смеси обменных солей предполагается, что при взрыве на открытом воздухе, например, обнаженного заряда в забое, когда давление продуктов взрыва быстро рассеивается, реакция взаимодействия натриевой селитры с хлористым аммонием сильно запаздывает по сравнению с реакцией взрывчатого разложения нитроглицерина, она не завершается полностью. В результате этого количество выделяемого при взрыве тепла резко снижается, что делает такой взрыв особо безопасным в отношении шахтной среды.

Если же взрыв заряда происходит в шпуре с забойкой, то давление падает сравнительно медленно и указанная реакция происходит до конца с полным выделением энергии, поэтому взрыв производит максимальную для данного ВВ механическую работу. В то же время наличие забойки дополнительно обезопасит такой взрыв. Характер детонации ВВ с обменными солями дает дополнительное преимущество: при взрывании в особо опасных условиях (открытый заряд) эти ВВ выделяют минимальное количество тепла, а в менее опасных условиях (в шпуре с забойкой) работают на полную свою мощь, т. е. степень их безопасности как бы автоматически регулируется в зависимости от условий взрывания.

Предохранительные ВВ с содержанием нитроэфиров

Склонность аммиачно-селитренных ВВ со временем к частичной или полной потере взрывных свойств из-за слеживаемости и повышения влажности, а также введение во взрывчатое вещество пламегасителей, понижающих чувствительность к инициальному импульсу, вызывают необходимость вводить добавки, стабилизирующие взрывные свойства и повышающие чувствительность ВВ. Такой стабилизирующей добавкой является смесь нитроэфиров, присутствие их повышает восприимчивость ВВ к детонации и помогает устранить возможность выгорания ВВ и связанную с этим опасность взрыва газа или пыли, а также обеспечивает хорошую эффективность работы взрыва.

Такие аммиачно-селитренные ВВ, сенсibilизированные нитроэфирами, получили название победитов. В настоящее время применяют породно-угольный победит ПУ-2, победиты № 6, ВП-2, ВП-4, проходят промышленные испытания победит ВП-7 и низкопроцентный предохранительный динамит Д-3, содержащий 35% нитроэфиров, и др.

Проходят испытания высокопредохранительные ВВ с содержанием нитроэфиров 5—8% — так называемые ВВ с обменными солями Э-3 и Э-6; испытаны и могут применяться с разрешения Госгортехнадзора УССР или СССР малоплотные аммониты № 14 (с содержанием 7% нитроэфиров) и № 15, содержащий 8% смеси нитроэфиров.

К низкопроцентным нитроглицериновым ам-

миачно-селитренным ВВ относятся также выпускаемые нашей промышленностью серные аммониты № 1 и 2 (5% нитроэфиров) и нефтяные аммониты № 1, 2 и 3 (от 4 до 9% нитроэфиров). Разработан и в ближайшее время будет испытан ряд новых рецептов ВВ, содержащих нитроэфир, в частности низкопроцентные динамиты, победиты и др.

Практическая оценка предохранительных свойств ВВ производится в опытном штреке. Он состоит из стальной трубы диаметром 1,5—2,0 м (при эллиптическом сечении высота трубы 1,8 м и ширина 1,3 м) и длиной 15—30 м, закрытой с одного торца прочным днищем с люком диаметром около 300 м. К этому люку во время испытаний подкатывают мортиру, установленную на тележке.

Отгораживая часть трубы бумажной диафрагмой, создают изолированное пространство (газовую камеру) объемом около 10 м³, которое заполняют при испытаниях метановоздушной (8—10% содержания метана) или пылевоздушной смесью (с концентрацией угольной пыли 300 г/м³). Газовую камеру устанавливают в опытном штреке специальной угольнораспылительной мортирой, заряженной зарядом 50 г ВВ и 6 кг угольной пыли. За 5—10 сек до испытания взрывают этот заряд, создавая требуемую концентрацию угольной пыли в опытном штреке. Заряд испытываемого предохранительного ВВ весом 600 г помещают в мортире, имеющей канал диаметром 55 мм и глубиной 900 мм. После этого в мортиру вводят глиняную забойку толщиной 1 см, подводят мортиру к люку в днище опытного штрека и взрывают при помощи детонатора,

предварительно впустив в газовую камеру требуемое количество метана.

Новое взрывчатое вещество испытывается подобным образом 10 раз и во всех случаях не должно дать ни одной вспышки метана, только после этого оно может быть допущено для работ в шахтах, опасных по газу и пыли. При испытании текущих партий ВВ производят три повторных опыта, при которых также не должно быть ни одной вспышки.

При испытании ВВ на безопасность по взрыву пылевоздушной среды в мортиру помещают заряд ВВ весом 700 г без забойки (как в случае испытания на безопасность по взрыву метана). Новые ВВ испытываются также 10 раз, причем в пяти случаях из десяти в мортиру помещается (кроме ВВ) 100 г угольной пыли. Испытание текущих партий производится два раза, в мортиру помещают 100 г угольной пыли.

Новые ВВ, выдерживающие испытания по газу и пыли, допускаются для промышленных испытаний в шахты, опасные по газу и пыли; по результатам этих испытаний решается вопрос о постоянном допуске ВВ. Данные о предохранительных взрывчатых веществах, применяемых на шахтах СССР, приведены в табл. 23.

Непредохранительные взрывчатые вещества

Непредохранительные ВВ разделяются на 2 группы:

- а) для подземных работ в шахтах, не опасных по газу и пыли;
- б) для открытых горных работ.

В зависимости от конкретных горногеологических условий на шахтах, не опасных по газу и пыли, применяют следующие виды ВВ:

а) аммиачно-селитренные (аммониты, аммоналы, динафталиты);

б) нитроглицериновые ВВ;

в) хлоратные и перхлоратные ВВ;

г) нитросоединения;

д) оксиликвиты.

Промежуточное положение между первыми двумя группами занимают детониты — аммиачно-селитренные ВВ с добавкой 6—15% нитроэфиров и у некоторых марок 5—10% алюминиевой пудры.

Аммиачно-селитренными называются ВВ, основной составной частью которых является аммиачная селитра и которые не содержат нитроэфиров. К числу непредохранительных аммиачно-селитренных ВВ относятся непредохранительные аммониты, аммоналы, динафталиты.

А м м о н и т а м и называются механические смеси аммиачной селитры с тротилом, гексогеном и некоторыми другими добавками. С целью уменьшения слеживаемости в аммониты часто добавляют разрыхлитель (древесные опилки и др.), который одновременно служит и горючим материалом. Кроме того, для повышения мощности ВВ (за счет увеличения тепловыделения при взрыве) в некоторые сорта аммонитов вводится алюминиевая пудра (например, скальные аммониты).

Для повышения плотности аммонитов (при одновременном исключении слеживаемости) в настоящее время практикуется выпуск прессованных ВВ. Прессование позволяет повысить

23. Ассортимент предохранительных взрывчатых и промышленным испытаниям

ВВ	Состав	Бризантность, мм	Работоспособность, см ³	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи детонации между патронами, d=32 мм
Допущенные к применению в шахтах, опасных по пыли, в том числе и на шахтах угля и					
По углю и по породе Аммонит ПЖВ-20	Тротил, водоустойчивая селитра, хлористый натрий	$\frac{13^*}{15}$	$\frac{265^*}{290}$	1—1,15	$\frac{4-8^{**}}{2-5}$
Аммонит ПКВ-20	Тротил, аммиачная селитра, парафиноканифольная гидрофобная добавка, хлористый натрий	—	—	—	—

**веществ, допущенных к постоянному применению
на шахтах СССР**

Объем газов взрыва, л/кг?	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
опасных по газу всех категорий и тах, опасных по внезапным выбросам газа						
710	$\frac{3500^*}{4000}$	36	200	180	8	Допущен по- стоянно для ра- бот по углю и по подрывке в мокрых забоях. Журнальное постановление Госгортехнад- зора СССР № 11/59 от 10/IX 59 г. Рекомендуется применять по породам крепос- тью $f = 3 \div 6$
—	—	—	—	—	—	То же

ВВ	Состав	Бригадность, мм	Работоспособность, см	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи детонации между патронами, d=32 мм
Победит ПУ-2	Тротил, аммиачная селитра, древесная мука, нитроглицерин, хлористый натрий	$\frac{11^*}{13}$	$\frac{250^*}{280}$	1,07—1,2	$\frac{5-7}{-}$
По углю					
ВВ с обменными солями	Нитроглицерин, натриевая селитра, хлористый аммоний, поваренная соль	$\frac{7^*}{10}$	$\frac{150^*}{170}$	1,1—1,2	$\frac{3-6}{-}$
Высокопредохранительное ВВ Э-7	Нитроглицерин, хлористый калий 40%, аммиачная селитра и др.	8—10	180	1,1—1,2	$\frac{10-15}{-}$
Аммонит № 15 малоплотный	Нитроглицерин 8%, аммиачная селитра, пламегасители, разрыхлитель	7—9	$\frac{240-260}{-}$	0,7—0,8	$\frac{3-6}{-}$

Продолжение табл.

Объем газов взрыва, л/кг	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
595	$\frac{2800^*}{3500}$	36	200	180	6	Рекомендуется для отбойки угля и для проходки по углю и пустым породам в сухих забоях
—	$\frac{2000^*}{2200}$	36	200	160	4	Допущены к промышленным испытаниям Рекомендуется для взрывания в сверхкатегорных шахтах
—	2100	36	200	160	4	То же
—	$\frac{1700^*}{2300}$	31—32 36—37	150— 200	—	6	Может применяться по специальному разрешению Госгортехнадзора Рекомендуется для взрывания антрацита

ВВ	Состав	Бригапность, мм	Работоспособность, см ³	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи дистанции между патронами, d=32 мм
----	--------	-----------------	------------------------------------	-------------------------------	--

Допущенные в шахтах, опасных по пыли, за исключением взрывных рана шахтах, опасных и угрожаемых

По породе					
Аммонит АП-4ЖВ	Тротил, водоустойчивая аммиачная селитра, хлористый калий	13—15	285—320	1,0—1,15	$\frac{4-8}{3-5}$
Победит ВП-2	Нитроглицерин 9%, тротил, аммиачная селитра, хлористый натрий, стеарат	14—18	320—340	1,15—1,3	$\frac{6-20}{5-14}$
Победит ВП-4	Нитроглицерин, тротил, водоустойчивая аммиачная селитра, хлористый натрий, древесная мука	14	320	1,15—1,3	$\frac{6-20}{5-14}$

Продолжение табл.

Объем газов взрыва, л/кг	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
газу всех категорий и опасных по бот при сотрясательном взрывании по внезапным выбросам угля и газа						
756	3200— 4000	36	200 250 300	180 230 270	6	Допущен по- стоянно для ра- бот по породам средней крепо- сти в мокрых забоях шахт всех категорий
790	3800— 4300	36	200 250	160 200	8	То же
790	3800	36	200	160	8	Допущен к промышленным испытаниям

ВВ	Состав	Бризантность, мм	Работоспособность, см ³	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи детонации между патронами, d=32 мм
Динамит Д-41 для гидроотбойки	Нитроэфир, аммиачная селитра, коллоидный хлопок, древесная мука, хлористый калий	12—15	250—280	1,3	—
Победит ВП-7	Нитроглицерин 15%, аммиачная селитра 42%, обменные соли 40% (натриевая селитра 20% + хлористый аммоний 20%)	14—16	240—270	1,2	—
Динамит Д-3	Нитроглицерин 35%, аммиачная селитра, пламегасители, гидрофобные добавки	14—16	270—280	1,45—1,55	—

Продолжение табл.

Объем газов взрыва, л/кг	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
594	200— 2500	—	—	—	—	Допущен для работ по гидровзрывной отбойке угля по особому разрешению
—	—	36	—	—	8	Допущен к промышленным испытаниям Рекомендуется во влажных и мокрых забоях в крепких породах
—	—	36	—	—	8	То же

ВВ	Состав	Бригадность, мж	Работоспособность, см ³	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи детонации между патронами при $d = 32$ мм
----	--------	-----------------	------------------------------------	-------------------------------	---

Допущенные для взрывания в шахтах
и х

По породе					
Аммонит АП-2ПВ	Тротил, древесная мука, аммиачная селитра, хлористый калий, парафин	$\frac{13}{15}$	$\frac{285}{320}$	1,0—1,15	4
Аммонит АП-5ЖВ	Тротил, водоустойчивая аммиачная селитра, хлористый натрий	$\frac{14}{16}$	$\frac{320}{330}$	1,0—1,15	5
Скальный аммонит № 10	Тротил, гексоген, водоустойчивая аммиачная селитра, хлористый калий	$\frac{17}{20}$	$\frac{270}{300}$	1,4	$\frac{4}{2}$
Скальный аммонит № 11	То же, но с меньшим содержанием тротила и гексогена	16—18	250— —280	1,4	$\frac{4}{2}$

Продолжение табл.

Объем газов взрыва, л/кг	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
-----------------------------	------------------------------	----------------------	-----------------	--------------------	--	---------------------------------------

I и II категорий по газу и опас-
по пы.лн

765	$\frac{3200}{4000}$	36	200	180	3	Допущен постоянно. Рекомендуется во влажных забоях в породах $cf = 5 \div 10$
785	3500	36	200 250 300	180 230 270	6	Допущен постоянно. Рекомендуется во влажных и мокрых забоях в породах $f = 6 \div 12$
—	—	36	—	—	—	Допущен к промышленным испытаниям для взрывания крепких и весьма крепких пород
—	—	36	—	—	—	То же

ВВ	Состав	Бригадность, м/м	Работоспособность, см ³	Плотность ВВ в патронах, г/мл	Расстояние передачи детонации между патронами, d = 32 м/м
----	--------	------------------	------------------------------------	-------------------------------	---

Предохранительные аммониты для

Серный аммонит № 1	Нитроглицерин 5%, аммиачная селитра 52%, тротил 11,5%, хлористый аммоний 30%, древесная мука 1,5%	10—11	200— —220	0,95—1,05	$\frac{5-8}{-}$
Серный аммонит № 2	Нитроглицерин 5%, аммиачная селитра 44,5%, тротил 9%, хлористый аммоний 40%, древесная мука 1,5%	8—9	150— —170	0,95—1,05	$\frac{4-7}{-}$

ВВ для взрывания нефтяных и других

Нефтяной аммонит № 1	То же, но вместо нашатыря хлористый калий	9,5— —11	200— —230	0,95—1,05	5—8
Нефтяной аммонит № 2	То же	11—13	230— —250	0,85—1,05	5—10
Нефтяной аммонит № 3 (водоустойчивый)	То же	13—14	220— —240	1,1—1,5	3—7

* Числитель — показатели по требованиям ГОСТ, знаменателях.

** Числитель — до замочки, знаменатель — после

Продолжение табл.

Объем газов взрыва, л/кг	Скорость детонации, м/сек	Диаметр патронов, мм	Вес патронов, г	Длина патронов, мм	Гарантийный срок использования со дня изготовления, мес.	Вид и срок допуска к применению
серных и колчеданных рудников						
—	2500— —3000	31—32	—	—	6	По породам средней кре- пости в сухих забоях
—	2000— —2500	31—32	—	—	6	То же, для шахт, более опасных по га- зу и пыли с со- держанием серы более 25%
шахтах, опасных по парам бензина						
—	2000— —2500	30—32	100 150 200	—	6	—
—	2500— —3200	30—32	100 150 200	—	6	—
—	2500— —3200	30—32	200	—	6	—

менатель — максимальные значения, полученные при испы-
выдержки в воде.

скорость детонации и бризантность ВВ, плотность зарядки шпуров, а также придает некоторую водостойкость (табл. 24). Несколько меньшей слеживаемостью по сравнению с порошкообразными обладают зерновые аммониты.

Аммониты безопасны в обращении (малочувствительны к удару, трению), транспортировании и хранении, труднее других ВВ загораются от искры или огня и т. п., поэтому они находят широкое применение как в СССР, так и за рубежом.

В ассортименте непродохранительных аммонитов все больший удельный вес занимают водостойчивые аммониты для взрывания пород средней крепости (аммонит В-3, аммониты № 6ЖВ, № 7ЖВ), а также динафталиты П и ЖВ. Для взрывания пород крепких и весьма крепких выпускаются водостойчивые скальные аммониты № 1 патронированный, № 1 прессованный и 1ЖВ патронированный и прессованный, № 2 прессованный, № 2ЖВ прессованный, а также аммониты ВА-2, ВА-4 и ВА-8.

Водостойчивость аммонита В-3 достигается добавлением смеси асфальтита и парафина, аммонит ЖВ готовится на специальной водостойчивой аммиачной селитре (ожелезненной); в динафталит марки П с целью придания ему водостойчивости добавляют парафин.

Аммониты некоторых марок (скальный № 1) изготавливаются с добавлением стеаратов кальция или цинка, придающими определенную степень водостойчивости.

Данные о непродохранительных водостойчивых аммонитах, применяемых в горнодобыва-

24. Характеристика неводоустойчивых ВВ для взрывания по породам средней крепости

Показатель	Аммонит № 6			Аммонит № 7
	в порошке	зернистый	прессованный	
Работоспособность, см ³	360—400	360—400	360—400	350—370
Плотность ВВ в патронах, г/см ³	1,0—1,1 14—16	1,0—1,1 14—17	1,25—1,35 18—22	1,0—1,1 13—15
Брызгаемость, мм	5—10	4—8	5—10	4—6
Расстояние передачи detonации, см (в сухом виде)	Аммиачная се- литра 79%, тро- тил 21%	Аммиачная се- литра 79%, тро- тил 21%	Аммиачная се- литра 79%, тро- тил 21%	Аммиачная се- литра 82%, тро- тил 14%, дренес- ная мука 4%
Состав				
Теплота взрыва, ккал/кг	1028	1028	1028	962
Скорость детонации	3600—4200	3600—3800	4600—5500	3600—3900
Объем газов взрыва, л/кг	945	945	945	1050
Диаметр патронов, мм	31—32 (весом 200 и 300 г)	31—32 (весом 200 и 300 г)	34—35 (весом 200 г)	31—32 (весом 200 и 300 г)
Гарантийный срок использования, мес.	6	6	6	6

Примечание. По заказам потребителей ВВ могут выпускаться в патронах диаметром: 60 мм (1,5 кг), 70 мм (2 кг), 90 мм (3,0 кг) и 100 мм (3,3 кг).

25. Характеристика водоустойчивых непридохрани-
шахтах, неопасных

Показатель	Аммо			
	Для пород крепких и весьма креп			
	Скальные			
	№ 1 патронированный	№ 1 пресованный	№ 1 ЖВ патронированный	№ 1 ЖВ пресованный
Состав	Аммиачная селитра, тротил, алюминий, гексоген, стеарат кальция		Водоустойчивая аммиачная селитра, тротил, алюминий, гексоген	
Объем газов взрыва, л/кг	826	826	826	268
Бризантность, см ³	18—20	22—27	18—21	23—27
Работоспособность, см ³	450—460	450—460	450—460	450—460
Плотность ВВ в патронах, г/мл	0,95—1,1	1,45—1,5	0,95—1,1	1,45—1,5
Передача детонации, см*	$\frac{6-10}{3-8}$	$\frac{4-8}{3-8}$	$\frac{7-12}{7-12}$	$\frac{5-9}{5-9}$
Скорость детонации, м/сек	4000—5000	6000—6500	4000—5000	6000—6500
Диаметр патронов, мм	31—32 (вес 200 г)	35—36 (вес 250 г) 44—45 (вес 400 г)	31—32 (вес 200 г)	35—36 (вес 250 г) 44—45 (вес 400 г)
Гарантийный срок использования, мес.	12	12	12	12

* В числителе — до замочки; в знаменателе — после замочки.

тельных аммонитов, допущенных к применению в по газу или пыли

ниты

ких

Для пород средней крепости

		Для пород средней крепости		
№ 2 прес-сованный	№ 2ЖВ прессованный	В-3	№ 6 ЖВ	№ 7КВ
Тротил, гексоген, аммиачная селитра, стеарат кальция	Тротил, гексоген, водоустойчивая селитра	Аммиачная селитра 82%, тротил, 16,5%, асфальтит 1%, парафин 0,5%	Водоустойчивая аммиачная селитра 79%, тротил 21%	Водоустойчивая аммиачная селитра 82%, тротил 14%, древесная мука 4%
882	882	908	945	1050
25**	25**	14—15	14—17	13—15
420—440	420—440	360—370	360—400	350—370
1,5—1,6	1,5—1,6	0,95—1,1	1—1,2	0,95—1,15
$\frac{7-10}{7-10}$	$\frac{7-10}{7-10}$	$\frac{3-6}{2-3}$	$\frac{5-7}{3-2}$	$\frac{4-6}{3-5}$
6000—6600	6000—6600	3600—4000	3600—4200	3500—3900
35—36 (вес 250 г)	35—36 (вес 200 г)	31—32 (вес 200 г)	31—32 (вес 200 г)	31—32 (вес 200 г)
44—45 (вес 400 г)	44—45 (вес 400 г)			
12	12	6	6	6

** По ГОСТ 25 мм. при испытаниях свинцовый столбик разбивается.

ющей промышленности СССР, приведены в табл. 25.

В состав скальных аммонитов входит гексоген $C_3H_6N_3(NO_2)_3$, который представляет собой мощное ВВ белого цвета, он негигроскопичен, скорость детонации гексогена при плотности $1,62 \text{ г/см}^3$ — 8300 м/сек , при плотности $1,70 \text{ г/см}^3$ — 8600 м/сек , работоспособность $475\text{—}490 \text{ см}^3$, бризантность более 30 мм (навеска 50 г разбивает свинцовый столбик). Кроме гексогена, в состав скальных аммонитов первых четырех марок (№ 1 порошок, прессованный и эти же марки на селитре ЖВ) входит алюминиевая пудра.

Скальные динафталиты содержат динитронафталин $C_{10}H_6(NO_2)_2$. Данные о динафталитах, выпускаемых нашей промышленностью, приведены в табл. 26.

Аммоналы — аммиачно-селитренные ВВ повышенной мощности, которая достигается за счет введения в их состав алюминиевой пудры (табл. 27). Промышленностью выпускается три марки аммоналов — ВА-2, ВА-4, и ВА-8. Все три вида аммоналов водоустойчивы, при этом водоустойчивость аммонала ВА-2 достигается за счет введения в его состав стеарата кальция или цинка, ВА-8 — за счет добавки асфальтита и парафина; аммонал ВА-4 готовится на водоустойчивой аммиачной селитре.

Нитроглицериновые ВВ можно условно разделить на динамиты (с высоким содержанием нитроглицерина), низкопроцентные нитроглицериновые ВВ (некоторые сорта детонитов) и предохранительные ВВ (победиты, описанные ранее).

26. Характеристика динафталитов

Показатель	Динафталит	
	П	ЖВ
Состав	Аммиачная селитра, динитронафталин, парафин	Водоустойчивая аммиачная селитра 88%, динитронафталин 12%
Объем газов взрыва, л/кг	920	920
Бризантность, мм	15—16	15—16
Работоспособность, см ³	320—360	320—360
Передача детонации, см	4—6 3—4	4—6 3—4
Плотность в патронах, г/см ³	1,0—1,15	1,0—1,15
Скорость детонации, м/сек	3500—4500	3500—4500
Теплота взрыва, ккал/кг	976	976
Температура взрыва, °С	2650	2650
Диаметр патронов, мм	31—32 (вес 200 г)	31—32 (вес 200 г)
Гарантийный срок хранения, мес.	6	6

Динамиты — смеси нитроглицерина (чистого или в смеси с нитродигликолем для понижения температуры замерзания) с калиевой, натриевой или аммиачной селитрой и стабилизатором (сода или мел) для увеличения химической стойкости динамитов. Стабилизатор нейтрализует кислоту, если она появляется в динамите, и тем самым предотвращает процесс его саморазложения. В настоящее время находит применение

27. Характеристика аммоналов ВА-2, ВА-4 и ВА-8

Показатель	Марка аммоналов		
	ВА-2	ВА-4	ВА-8
Состав	Аммиачная селитра, тротил, алюминий, стеарат кальция или цинка	Водоустойчивая аммиачная селитра, тротил, алюминий	Аммиачная селитра, тротил, алюминий, асфальтит, парафин
Объем газов взрыва, л/кг	850—900	850—900	850—900
Бризантность, мм	16—19	16—19	16—18
Работоспособность, см ³	400—430	400—430	400—430
Плотность ВВ в патронах, г/см ³	1,0—1,1	1,0—1,1	1,0—1,1
Передача детонации, см	$\frac{4-8}{3-5}$	$\frac{4-10}{3-5}$	$\frac{4-8}{3-5}$
Скорость детонации, м/сек	4000—4700	4000—4700	4000—4700
Температура взрыва, °С	4300—4500	4300—4500	4300—4500
Теплота взрыва, ккал/кг	1156	1156	1176
Кислородный баланс, %	0	+0,26	+0,5
Диаметр патронов, мм	31—32 (вес 200 г) 35—36 (вес 250 г)	31—32 (вес 200 г) 35—36 (вес 250 г)	31—32 (вес 200 г) 35—36 (вес 250 г)
Гарантийный срок использования, мес.	6	6	6

62%-ный динамит, представляющий собой пластичное ВВ, обладающее большой мощностью и водостойчивостью.

К недостаткам динамита относятся чувствительность к удару, трению, а также способность к экссудации, т. е. к выделению нитроглицерина в жидком виде на поверхность патрона. Недостатком динамита следует считать также способность его к старению с частичной или полной потерей способности взрываться от начального импульса и передавать детонацию по удлиненному заряду.

Характеристика труднозамерзающего 62%-ного динамита приводится ниже.

Состав, % (нитроглицерин 37, динитроглицерин 25, коллоидный хлопок 3,5, натриевая или калиевая селитра 32, древесная мука 2,5)	
Бризантность, мм	16
Работоспособность, см ³	380
Скорость детонации, м/сек	6600
Плотность патронов, г/см ³	1,4
Объем продуктов взрыва, л/кг	634
Передача детонации, см	5
Диаметр патронов, мм	31—
	32 и 45
Вес патронов, г	150
	и 200 г
	(при
	диамет-
	ре па-
	трона
	32 мм

Д е т о н и т ы — порошкообразные или полупластичные аммиачно-селитренные ВВ, sensibilizированные добавками смеси нитроглицерина с труднозамерзающими жидкими нитроэфир-

рами. Благодаря наличию жидких нитроэфиров (процентное содержание которых обозначается цифровым индексом марки ВВ) детониты более восприимчивы к детонации и стабильны по взрывчатым свойствам, чем аммониты. В настоящее время разработаны и проходят испытания более 10 сортов детонитов. Детониты некоторых марок (6А, 10А, 15А, 6А-10, 15-А10, 15АП, 15АН, М-1 и др.) содержат алюминий и тротил. Другие в качестве горючей добавки содержат только тротил (детонит 6Т, 10Т и др.). Детониты выпускаются в патронах 31 и 36 мм, но по договору с заказчиком опытные партии согласно ВТУ могут быть изготовлены в патронах диаметром 23 — 24, 27 — 28, 40 — 41, 45 — 46 и 60 — 61 мм. Наиболее широко испытаны детониты 6А, 10А и 15А, содержащие соответственно 6, 10 и 15% нитроэфиров. Состав детонита 6А следующий (в процентах):

Аммиачная селитра	77	± 2
Тротил	11	± 1,5
Нитроэфиры (смесь)	6	± 1
Алюминиевая пудра	5,3	± 0,5
Стеарат кальция (цинка)	0,7	± 0,3
Сода кальцинированная (сверх 100%)	0,2	

В последнее время детониты выпускаются на водоустойчивой аммиачной селитре. Детониты являются мощными ВВ, обладающими высокой стабильностью взрывчатых свойств, они пригодны для применения во всех климатических условиях (табл. 28).

При сравнительных испытаниях детонитов на руднике «Хрустальный» достигнуто увеличение производительности труда на проходке на 25%,

снижение удельного расхода ВВ — на 27% и шпурометров — на 7—10% по сравнению с зерненым динафталитом. Наилучшие результаты получены при испытании детонита 10А, который после завершения массовых промышленных испытаний будет выпускаться серийно.

28. Характеристика детонитов 6А, 10А и 15А

Показатель	6А	10А	15А
Плотность в патронах, $г/см^3$	1,1—1,3	1,1—1,3	1,1—1,3
Работоспособность, $см^3$	420—440	420—470	420—460
Бризантность, мм	16—18,3	16—20,5	14—19,2
Передача детонации, (сухими патронами), см	7—17	7—19	7—11
То же, после нахождения в воде на глубине 1 м в течение 1 ч, см	5—13	5—9	5—9
Влажность, %	0,5—0,06	0,5—0,05	0,5—0,05
Гарантийный срок годности, мес.	8	8	8

О к с и л и к в и т ы — горючий материал (так называемый поглотитель), пропитанный жидким кислородом. В качестве горючего материала могут применяться измельченный древесный уголь, мох-сфагнум, сажа, а также специальные прессованные и брикетированные поглотители волокнистого строения.

Взрывчатые свойства оксиликвитов зависят от характера поглотителя, и при определенном его составе мощность оксиликвитов не уступает

мощности высокопроцентных динамитов. Недостатками оксиликвитов являются:

а) большая опасность в обращении, они легко возгораются от огня и по чувствительности к механическим воздействиям близки к динамитам;

б) физическая нестойкость, обусловленная наличием жидкого кислорода, который легко испаряется (из-за испарения кислорода патрон диаметром 30 мм через 5 мин начинает терять свои взрывчатые свойства; это время называется временем жизни оксиликвитов, при диаметре патрона 200 мм оно составляет 1 ч);

в) из-за частичной потери кислорода при взрыве может не хватить кислорода для окисления поглотителя, и реакция окисления будет происходить с образованием ядовитого газа CO , что в подземных условиях недопустимо;

г) сложность транспортирования и хранения жидкого кислорода.

Преимуществом оксиликвитов являются безопасность при ликвидации отказов (так как после испарения кислорода отказавший заряд теряет свои взрывные свойства), а также возможность изготовления оксиликвитов различной мощности.

В настоящее время оксиликвиты в СССР не применяются.

Хлоратные ВВ — механические смеси хлората калия или натрия (KClO_3 ; NaClO_3) с горючими добавками; перхлоратные ВВ — это смеси перхлората калия или аммония (KClO_4 ; NH_4ClO_4) с горючими добавками.

Хлораты и перхлораты при взрывчатом разложении выделяют много кислорода (например,

при разложении 1 г перхлората выделяется 0,46 г кислорода), поэтому при соответствующем подборе рецептуры ВВ на их основе могут обладать повышенной мощностью по сравнению с аммонитами. Недостатком хлоратных и перхлоратных ВВ является большая чувствительность к механическим воздействиям, особенно к трению.

В настоящее время ВВ на основе хлоратов и перхлоратов отечественной промышленностью не выпускаются.

Взрывчатые вещества для открытых горных работ

На открытых горных работах применяются некоторые аммиачно-селитренные ВВ (аммониты № 9 и 10, щекованный В-3), аммиачная селитра в смеси с горючими добавками, тротил (литой, кусковой, гранулированный), алюмотол, амматол, гранулиты, зерногранулиты, дымный порох, бездымные пороха (нитроглицериновые и пироксилиновые), оксиликвиты, а также могут применяться все непридохранительные ВВ, допущенные для взрывания в подземных условиях (при шпуровом способе отбойки уступов).

Современные методы ведения взрывных работ предъявляют повышенные требования к качеству ВВ, что обуславливается особенными условиями взрывных работ на подавляющем большинстве горных предприятий с открытым способом добычи:

1. Наличие крепких и весьма крепких, а на нижних горизонтах — обводненных пород.

2. Применение многорядного короткозамедленного взрывания, позволяющего взрывать за

один прием большое количество скважин. Большие масштабы массовых взрывов требуют значительного времени для заряжания скважин (до 2—3 дней), поэтому в условиях обводненности скважин (особенно при проходке траншей) к применяемым взрывчатым материалам предъявляются повышенные требования в части сохранения ими первоначальных взрывных свойств.

3. Благодаря применению многорядного короткозамедленного взрывания на проходке въездных и разрезных траншей появилась возможность взрывать участки их длиной до 400—500 м. Это дает возможность осуществлять уборку значительного количества отбитой горной массы с верхней погрузкой, т. е. осуществлять погрузку в два подступа — верхний с фронтальной и нижний с лобовой погрузками, но только при условии хорошего измельчения массива в верхней части.

4. Переход на взрывание уступами большей высоты (например, на криворожских горнообогатительных комбинатах до 15 м и более вместо 10—12 м), что требует изменения конструкции заряда с введением одного или нескольких вспомогательных зарядов для верхней части уступа.

До недавнего времени наиболее широко применявшимися ВВ на открытых разработках были аммониты, а в обводненных забоях — чешуйчатый тротил и аммонит В-3 россыпью или шнекованный.

Аммонит № 9 и 10 (табл. 29) — порошкообразные ВВ, состоящие из смеси аммиачной селитры, тротила и горячей добавки. В зависимости от характера последней эти аммониты делятся

на марки Д (древесная мука), Т (торф), А (асфальт) и Ж (жмыхи). Аммониты выпускаются в бумажных мешках или деревянных ящиках весом до 40 кг. Часто на открытых горных работах используют из ассортимента ВВ для подземных работ аммониты № 6 и 7 и водостойчивый аммонит В-3. В зависимости от принятой технологии ведения взрывных работ эти ВВ могут применяться в россыпном (при скважинной или минной отбойке уступов) или патронированном виде (при шпуровом взрывании). Аммонит В-3, кроме того, выпускается в форме шнекованных изделий плотностью 1,25—1,35 г/см³, диаметром 150, 175, 185, 210 мм и весом патронов соответственно 10, 12, 13 и 17 кг.

Тротил в настоящее время применяется в виде чешуйчатого порошка, гранул, кусков и в форме шнекованных, прессованных или литых патронов.

Наиболее распространены на железорудных карьерах Украины кусковые и гранулированные (диаметром гранул до 5 мм) разновидности тротила. Применение их в соотношении 2 : 1 на карьере ЮГОК при многорядном взрывании взамен аммонита № 6 позволило повысить плотность зарядки скважин в 1,2—1,5 раза, увеличить выход горной массы с 1 пог. м скважины в 1,5—2 раза, сократить расход ВВ на 1 м³ отбитой горной массы, уменьшить количество пробуриваемых скважин в 1,3 раза. Кроме повышения плотности зарядки, тротил в гранулированном виде дает значительно лучшие взрывные свойства по сравнению с чешуйчатым тротилом (табл. 30), зарядание им может быть легко механизировано.

29. Характеристика аммонитов для открытых горных

Наименование	Состав, %	Плотность, г/см ³	Объем газов, л/кг	Теплота взрыва, ккал/кг	Температура взрыва, °С
Аммонит № 9 Д, Т, А и Ж	Аммиачная селитра 86—88, тротил 5, горючие добавки 7—9	0,8—0,9	930	857	2300
Аммонит № 10 Д, Т, А и Ж	Аммиачная селитра 85—88, тротил 8, горючие добавки 4—7	0,85—0,95	923	905	2400
Аммиачная селитра	Без добавок	0,85—0,95	980	340	1600

Тротиловые ВВ с различными добавками. В последнее время на некоторых карьерах прошли промышленные испытания различные ВВ, представляющие собой соединения тротила с аммиачной селитрой (амматол), с добавкой алюминия (патроны ТСА), гранулированный алюмотол (соединение 85% тротила с 15% алюминия) и др.

Испытания ВВ в виде литых патронов диаметром 210 мм, длиной 105 см и весом 54 кг да-

работ при массовых взрывах

Скорость де-тонации, м/сек	Передача де-тонации, см	Кислородный баланс	Бризан-тность, мм	Работоспосо-бность, см ³	Гарантийный срок хране-ния, мес.	Примеча-ние
3000—3500	2—3	+2,9	10—12	300—330	6	Горючие добавки (Д-древесная мука, Т-торф, А-асфальтит, Ж-жмыхи)
3200—3600	2—4	+1,5	11—13	300—330	6	То же
1800	—	—	1,4—1,8	200	Не ограничен	—

ли положительные результаты: выход взорван-ной горной массы с 1 пог. м скважины увеличил-ся, выход негабарита уменьшился с 3,55 до 1,5%, т. е. более чем в два раза.

Данные испытаний различных сортов ВВ на основе тротила приведены в табл. 31.

Хорошие результаты получены при испыта-нии гранулированного алюмотола.

Алюмотол следует применять в сочетании с 30%-ным раствором аммиачной селитры.

30. Сравнение показателей взрывных свойств различных сортов тротила

Показатель	Тротил				
	чешуйчатый	гранулиро- ванный	литой	прессованный	шнекованный
Плотность: гравиметрическая насыпная	1,58 0,8—1,0 —74	1,58 1,2 —74	1,52— —1,58 —74	1,45— —1,55 —74	1,45— —1,55 —74
Кислородный баланс, %	270—300	280	270—300	270—300	270—300
Работоспособность, см ³					
Бризантность, мм:					
в сухом виде	—	—	—	—	—
в воде	6—8 *	20—23	24—26	22—24	22—24
Скорость детонации, м/сек:					
в сухом виде	—	—	—	—	—
в воде	4000—4500 850	5000—6700 1010	6700—6800 1010	5700—6000 1010	5500—5800 1010
Теплота взрыва, ккал/кг					

* При плотности 1,0 г/см³.

31. Результаты испытаний некоторых сортов ВВ на Криворожских горнообогатительных комбинатах

ВВ	Емкость 1 м скважины, кг ВВ	Удельный расход ВВ, кг/м³	Выход горной массы с 1 м скважины, м³	Выход негабарита, %
Чешуйчатый тротил (50%) и порошкообразный аммонит (50%)	55,0	0,73	32,0	—
Литой (50%) и гранулированный (50%) тротил	79,0	0,46	85,0	—
Литой (50%) и гранулированный (50%) тротил на левом участке	74,0	0,39	96,5	1,77
Чешуйчатый тротил (70%) и порошкообразный аммонит (30%) на правом участке . .	53,0	0,50	60,0	1,30
Кусковой (66%) и гранулированный (34%) тротил	78,0	0,56	72,5	2,3
Аммонит	65,0	0,67	59,0	3,0
ТСА (60%) и гранулированный тротил (40%)	81,0	0,53	88,0	1,5
Тротил (30%) и аммонит (70%)	55,0	0,55	80,0	3,55
ТСА (60%) и гранулированный тротил (40%)	78,0	0,39	100	4,9
Гранулированный тротил . .	63,4	0,55	78,0	5,4

Положительные результаты получены при испытании таблетированного аммонала в смеси с гранулированным тротилом (в соотношении 3 : 2).

Простейшие ВВ для открытых горных работ на основе аммиачной селитры. Практика последних лет показывает, что для открытых горных работ наиболее целесообразным является создание гранулированных ВВ, которые можно при-

менять в сочетании с кусковыми разновидностями (а в дальнейшем, когда будут созданы надежные механизмы для зарядки,— в сочетании с литыми патронами) или как самостоятельные ВВ.

Одним из ВВ простейшего состава является зерногранулит 80/20, представляющий собой механическую смесь гранулированной аммиачной селитры с мелкокусковым тротилом, характеристика которого приведена ниже

Содержание аммиачной селитры, %	80
Содержание тротила, %	20
Бризантность по ГОСТ от капсуля- детонатора, мм	5
Бризантность в железном кольце с 5 г ВВ в качестве дополнительного детонатора, мм	24—26
Работоспособность, см ³	360
Насыпная плотность, г/см ³	0,95—1,0
Скорость детонации по Дотришу, м/сек	3235

Несмотря на то что зерногранулиты имеют бризантность 5 мм (14—16 мм у порошкообразного аммонита № 6), целесообразно их применение вместо аммонита № 6. Зерногранулиты обладают такими ценными свойствами, как сыпучесть, неслеживаемость, что создает большие удобства при зарядке. Кроме того, при зарядании слежавшимся аммонитом № 6 получается малая плотность зарядки из-за образования пустот между отдельными кусками аммонита, которые не всегда могут быть заполнены мелочью. При неравномерном заполнении скважины взрывчатым веществом (с образованием пустот)

32. Данные о результатах лабораторного испытания некоторых сортов аммиачной селитры (по Б. Д. Росси)

Сорт селитры	Вид селитры	Специальная добавка и ее содержание, %	Содержание фракций, %, крупностью, мм					Травянистость, е/с/м ² по 1-й метрической лот.
			+3	2-3	1-2	0,5-1	-0,5	
Кемеровская	Гранулированная	Нитраты кальция и магния: (0,35—0,4)	0,1	14	65,8	17,4	2,7	0,955
Руставская	То же	То же, (0,3)	1,0	5,0	73	20,5	0,5	0,8
Новомосковская	»	Нитраты кальция (0,5)	0,4	21,6	60,2	15,0	2,8	0,94
Лисичанская	»	Фукусин (0,02—0,06)	7,0	36,5	50,4	5,9	0,2	0,825
с фукусином	»	Апатит (0,8)	6,5	24,5	52,6	16	0,4	0,855
Лисичанская	»							
Днепродзержинская	»	Нитраты кальция и магния (0,3)	2,3	43,7	48,5	3,5	2,0	0,872
Горловская	Чешуйчатая	Фукусин (0,06)	37,34	27,7	18,02	13,07	3,87	0,8
Кировоканская	»	Магасиликат кальция (1,0)	10,2	23,0	30,3	16,8	19,7	0,86

Продолжение табл.

Сорт селитры	Вид селитры	Специальная добавка и ее содержание, %	Содержание фракций, % крупностью, мм				Правильность, %	
			+3	2—3	1—2	0,5—1		
Чирчикская	Чешуйчатая	Фосфоритная мука, 0,7	34	26,3	22,2	11,0	6,5	0,74
Донецкая	Мелкокристаллическая	Добавок нет	—	—	—	100	—	0,7

33. Соотношение компонентов игданита при применении различных сортов селитры

Завод-изготовитель	Наименование специальной добавки, содержащейся в селитре	Соотношение компонентов в песочных частях		Количество жидкой добавки на 100 кг аммиачной селитры
		аммиачная селитра	жидкая добавка	
Лиснчанский Новомосковский Днепродзержинский Кемеровский	Фуксин	96	4	4,2
	Апатит	96	4	4,2
	Нитраты кальция	96	4	4,2
	Нитраты кальция и магния	95	5	5,3
	Нитраты кальция и магния	95	5	5,3

создаются неблагоприятные условия его детонации.

При зарядании зерногранулитамй достигаются сравнительно высокая плотность заряда, а также равномерность заполнения скважины, что благоприятно сказывается на эффективности работы заряда. Такие ВВ практически по эффективности не уступают аммониту № 6. В то же время производительность труда взрывников, занятых на зарядании скважин, повышается более чем в три раза.

Были испытаны с получением положительных результатов простейшие ВВ низкой стоимости — гранулиты, представляющие собой смесь гранулированной аммиачной селитры с минеральным маслом и добавкой 5% сажки (гранулит С) или алюминия (гранулит А). Однако большее распространение в промышленности получили ВВ простейшего состава — игданиты, приготовляемые не заводским способом, а на месте производства работ.

И г д а н и т представляет собой смесь гранулированной аммиачной селитры, содержащей специальные добавки для предотвращения слеживаемости, с дизельным топливом (соляровым маслом), марка которого выбирается в зависимости от температуры наружного воздуха: ниже -25°C рекомендуется смесь 25% дизельного топлива Л и 75% керосина; от -10°C до -25°C — дизельного топлива З; от 0° до -10°C — соляровое масло и при положительных температурах — дизельное топливо Л.

Характеристика различных сортов аммиачной селитры приведена в табл. 32. Из табл. 32 видно, что различные сорта селитры имеют

различный гранулометрический состав. Поскольку этот фактор в значительной степени влияет на взрывные свойства селитры (рис. 3), его следует учитывать при расчете параметров буровзрывных работ на карьере.

Оптимальное соотношение компонентов игданита зависит от сорта аммиачной селитры и, по данным Института горного дела им. А. А. Скочинского, принимается в следующих размерах (табл. 33).

Влияние содержания горючей добавки на бризантные свойства и работоспособность игданита приведены на графиках (рис. 4 и 5), из которых видно, что отклонение оптимальных значений в ту или иную сторону приводит к резкому ухудшению взрывных свойств. Поэтому для возмещения потерь жидкой

добавки на влитывание крафтцеллюлозной оболочкой мешка (при смешении в результате заливки добавки в мешок с селитрой), на испарение и влитывание стенками зарядной скважины количество горючей добавки увеличивается на 0,3—1%, т. е. для составов 96 : 4 на 100 кг селитры добавляется 4,5—5,2 кг дизельного топлива.

На рис. 6 показан график зависимости чувствительности к удару игданита от содержания в нем влаги.



Рис. 3. График зависимости бризантности игданита от крупности гранул (по Б. Д. Росси).

По своей мощности игданит соответствует аммонитам № 9 и 10, при замене аммонита № 6 следует применять переходный коэффициент 1,15. Взрывание зарядов игданита в скважинах

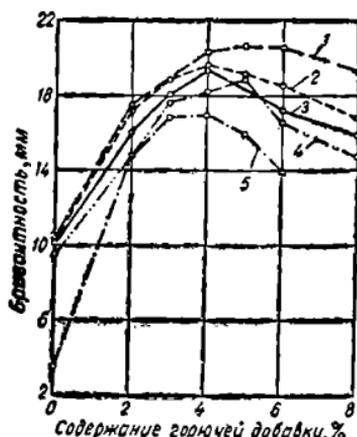


Рис. 4. График зависимости бризантности игданита от содержания горючей добавки для различных сортов селитры (по Б. Д. Росси):

1 — руставская; 2 — новомосковская; 3 — лисичанская селитра с фуксином; 4 — кемеровская; 5 — лисичанская селитра с апатитом.

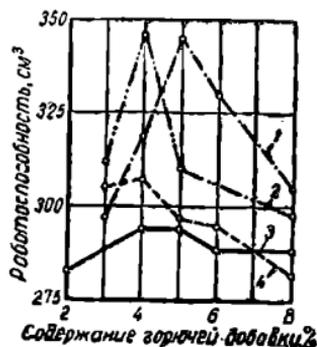


Рис. 5. График зависимости работоспособности игданита от содержания горючей добавки для различных сортов селитры (по Б. Д. Росси):

1 — днепродзержинская; 2 — руставская; 3 — лисичанская с фуксином; 4 — кемеровская.

производится при помощи промежуточного детонатора из аммонита, помещаемого в нижнюю часть скважины и инициируемого обычным способом — при помощи узла детонирующего шнура, опускаемого на забой скважины. Величина промежуточного детонатора принимается в размере 5—10% от расчетного веса заряда данной скважины.

Институт горного дела им. А. А. Скочинского разработал и согласовал с Госгортехнадзором РСФСР инструкцию по изготовлению и приме-

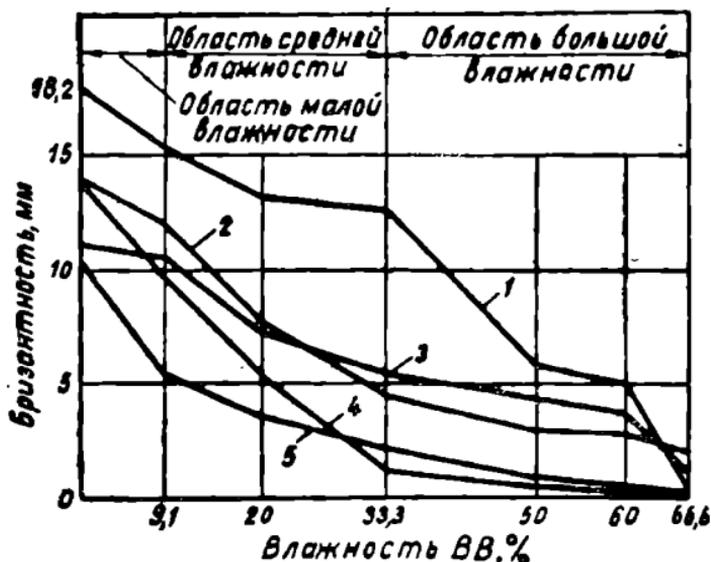


Рис. 6. График зависимости чувствительности к удару игданита от содержания в нем влаги для различных сортов селитры (по Б. Д. Росси): 1 — руставская; 2 — новомосковская; 3 — лисичанская с фуксином; 4 — кемеровская; 5 — лисичанская с апатитом.

нению игданита, содержание которой приведено в приложении 1.

Ниже приводятся некоторые данные, характеризующие свойства игданитов.

Плотность, г/см ³	0,85—0,95
Объем газов, л/кг	660—780
Теплота взрыва, ккал/кг	830—1040
Бризантность, мм	16—13
Работоспособность, см ³	290—380

На карьере рудника им. Кирова, комбината «Алатит», была испытана взрывчатая смесь водного раствора аммиачной селитры с тротилом при

соотношении компонентов: селитры 65%, тротила 20% и воды 15%. Взрывание осуществляется в апатито-нефелиновых породах с коэффициентом крепости $f = 8 \div 9$.

Сравнение полученных результатов с показателями взрывания аммонитом № 6 и смесью селитры с жидким нефтяным горючим (АС + ЖГ) приведено в табл. 34.

34. Результаты взрывания различными ВВ на руднике им. Кирова

Параметры буровзрывных работ	Тип ВВ		
	АС+ЖГ (96:4)	АС+ТНТ+ вода (65: :20:15)	Порошко- образный аммонит № 6
Расстояние между скважинами диаметром 220—230 мм	7	8	7
Средняя величина л. н. с., м	8,1	9,3	8
Объем взорванной горной массы, тыс. м ³	22,0	34,6	42,4
Выход горной массы с 1 пог. м скважины, м ³	44,2	54,4	44,2
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,6	0,52	0,58
Выход негабарита при погрузке экскаваторами СЭ-3 и ЭКГ-4, %	3,1	1,7	2,7

Полученные результаты испытаний позволяют считать указанное ВВ перспективным, особенно для взрывания обводненных уступов, о чем свидетельствует и зарубежный опыт его применения. Так, например, по данным зарубежной печати в результате применения этого ВВ на

канадских и американских железорудных карьерах часовая производительность экскаватора возросла на 35%, расход ВВ на вторичное дробление снизился в два раза, выход горной массы с 1 пог. м скважины возрос более чем на 40%.

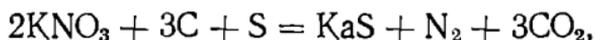
Н о р и т о л является порошкообразной взрывчатой смесью калиевой селитры и тротила с небольшой добавкой гидрофобного вещества. Он обладает малой гигроскопичностью, слеживаемость отсутствует, что позволяет увеличить срок его хранения до 18 мес.

Ниже приведена характеристика норитола.

Насыпная плотность в патронах	
большого диаметра, $г/см^3$	1,1—1,2
Бризантность, мм	15—18
Работоспособность, $см^3$	265
Расстояние передачи детонации, см	3—6

П о р о х а. На открытых работах находят применение черный (дымный) и бездымные (пироксилиновые и нитроглицериновые) пороха.

Черный порох представляет собой механическую смесь серы, калиевой или натриевой селитры и древесного угля, выпускается в виде зерен насыпной плотностью 0,9—1,2 $г/см^3$. Он является типичным метательным ВВ. При взрывании от огня или искры скорость взрывчатого превращения составляет 400 м/сек и теоретически протекает по реакции



хотя в действительности состав продуктов взрыва пороха иной; в частности, при взрывании 1 кг пороха образуется 87 л окиси углерода. При инициировании детонатором скорость взрывчато-

го превращения пороха увеличивается до нескольких тысяч метров в секунду.

Черный порох в составе 75% селитры, 10% серы и 15% угля применяется в качестве ВВ при добыче штучного и облицовочного камня, а в составе 78% селитры, 12% серы и 10% угля — для снаряжения огнепроводного шнура.

Бризантность дымного пороха равна нулю, работоспособность 60 см³, температура взрыва 600° С, теплота взрыва 590 ккал/кг и объем газов 260 л/кг.

Бездымные пороха являются метательным ВВ. Они выпускаются в виде мелких зерен (винтовочный), дисков, трубочек, лент, пластинок и др. Действительная плотность зерен пороха 1,54—1,64 г/см³, насыпная плотность зависит от формы и размеров частиц и может составлять 0,9—1,0 г/см³. Бризантность порохов колеблется от 4 до 6 мм, работоспособность около 100 см³.

Бездымные пороха чувствительны к внешним воздействиям: легко загораются от огня или искры, легко взрываются от удара. Как видно из характеристики, бездымные пороха являются малобризантными ВВ, и в условиях горных предприятий их применение малоэффективно. Однако в связи с тем что порохам присущ процесс старения с частичным изменением баллистических свойств, их запасы периодически обновляются, а претерпевшие изменение партии порохов до недавнего времени сжигались. Это обстоятельство поставило на повестку дня вопрос о возможности использования таких пороховых отходов в народном хозяйстве. Первые опыты такого рода у нас и за рубежом носили ограниченный характер.

После Великой Отечественной войны исследованиями Института химической физики АН СССР и Киргизского филиала АН СССР установлено, что пироксилиновые и нитроглицериновые пороха, замоченные в воде, приобретают свойства высокобризантного ВВ (бризантность их в замоченном виде достигает 20—24 мм). Для инициирования порохового заряда следует применять промежуточный заряд в виде тротиловой шашки, нескольких витков детонирующего шнура, пучка патронов обычных взрывчатых веществ, обвитого детонирующим шнуром, и др. Поскольку в продуктах взрыва бездымного пороха содержится много свободного углерода и его окиси, Н. М. Сытый предложил замачивать пороха в 50%-ном растворе аммиачной селитры, что повышает эффективность взрывания как за счет дополнительного окисления углерода избыточным кислородом, так и за счет получения дополнительной энергии от взрывчатого разложения селитры. Замачивание порохов раствором аммиачной селитры имеет дополнительные преимущества (при этом значительно удлиняется срок сохранения взрывных свойств порохов).

СРЕДСТВА ВЗРЫВАНИЯ

При ведении горных работ взрывание зарядов может осуществляться:

а) огневым способом с помощью капсюля-детонатора и огнепроводного шнура;

б) электрическим способом с помощью электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия;

в) детонирующим шнуром, а для устройства определенной последовательности взрыва зарядов — в сочетании с пиротехническими замедлителями детонирующего шнура.

Капсюль-детонатор (рис. 7) представляет собой металлическую (диаметром около 7 мм) или бумажную (диаметром около 8 мм) гильзу, снаряженную высокобризантным ВВ (вторичный инициатор), которое взрывается от первичного инициатора, состоящего из высокочувствительного ВВ. Первичный инициатор взрывается от теплового воздействия горящего огнепроводного шнура и служит для инициирования основного заряда детонатора. Первичный инициатор прикрыт металлической чашечкой с отверстием в

центре, через которое горящий огнепроводный шнур воспламеняет первичный инициатор. Более $\frac{1}{3}$ гильзы капсюля-детонатора остается пустой, и в ней размещается конец огнепроводного шнура.

Отечественная промышленность в настоящее время выпускает азидотетриловые и грему-

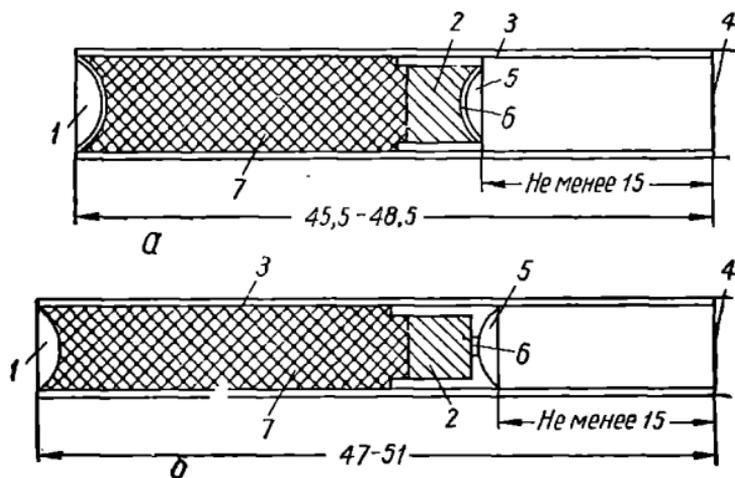


Рис. 7. Капсюль-детонатор:

a — в металлической гильзе; *б* — в бумажной гильзе; 1 — кулевативная выемка; 2 — первичный инициатор; 3 — гильза; 4 — открытый конец гильзы; 5 — чашечка; 6 — отверстие в чашечке; 7 — вторичный инициатор.

чертутнотетриловые капсюли-детонаторы, которые имеют тот недостаток, что при увлажнении теряют свои взрывчатые свойства. Кроме того, они слабее азидотетриловых (работоспособность по пробе в свинцовой бомбе гремучертутнотетриловых детонаторов 28—30 $см^3$, азидотетриловых — 31—35 $см^3$).

Недостатком азид свинца является то, что он в присутствии углекислого газа взаимодействует с медью, образуя азиды закисной или

35. Техническая характеристика азидотетриловых и гремучетрилотетриловых капсулей-детонаторов

Капсоль-детонатор	Детали и их обозначения	Наружный диаметр, мм	Высота, мм	Стойкость к механическим воздействиям	Основные требования
Азидотетриловый № 8А	Гильза алюминевая	6,8—7,05	47 ± 1,5	Выдерживает ударную тряску на стандартном приборе 10 мин	Безотказно детонирует от источника огня-искры огнепроводного шнура. Гарантийный срок хранения 10 лет
	Диаметр отверстия чашечки Состав: тенедрес 0,10 ± 0,02 г, азид свинца 0,20 ± 0,02 г, тетрил 1,02 ± 0,07 г*	2,5	6,5		
Гремучетрилотетриловый № 8М	Гильза медная	6,8—7,05	49 ± 2,0	То же	То же, но гарантийный срок хранения 2 года
	Диаметр отверстия чашечки Состав: гремучая ртуть 0,50 ± 0,2 г, тетрил 1,02 ± 0,07 г	2,0	8,0		
Гремучетрилотетриловый № 8Б	Гильза бумажная	7,35—7,65	49 ± 2,0	»	»
	Диаметр отверстия чашечки	2,0	8,0		

Продолжение табл.

Капсюль-детонатор	Детали и их обозначения	Наружный диаметр, мм	Высота, мм	Стойкость к механическим воздействиям	Основные требования
Азидотетриловый № 8Б	Состав: гремучая ртуть $0,50 \pm 0,02$ г, тетрил $1,02 \pm 0,07$ г* Гильза бумажная	7,35—7,65	49 \pm 2,0	»	»
	Состав: азид свинца $0,2 \pm 0,02$ г, таперес $0,1 \pm 0,02$ г, тетрил $0,1 \pm 0,07$ г*	6,8—7,05	49 \pm 2,0	»	
Гремуче-ртутнотетриловый № 8УТМ	Состав: гремучая ртуть $0,35 \pm 0,02$ г, тетрил 1,15 г Гильза бумажная	7,35—7,65	49 \pm 2	»	»
	Состав: гремучая ртуть $0,35 \pm 0,02$ г, тетрил 1,15 г				

* В капсюлях-детонаторах первых четырех типов в качестве вторичного заряда вместо тетрила может применяться навеска тэна или гексогена $1,00 \pm 0,1$ г.

окисной меди, которые очень чувствительны к внешним воздействиям, поэтому в случае применения в качестве первичного инициатора азид свинца оболочки обычно выбирают алюминиевые или бумажные.

В табл. 35 приводится характеристика капсюлей-детонаторов, выпускаемых отечественной промышленностью.

Капсюли-детонаторы следует тщательно оберегать от внешних воздействий, так как они очень чувствительны к удару, трению, огню, солнечным лучам и влаге.

Капсюли-детонаторы упаковывают стоймя по 100 шт. в вертикальном положении: типа № 8А — в жестяные коробки, остальные — в картонные. Коробки укладывают в картонный короб (по 5 шт. в каждый), а коробки — в металлические оцинкованные коробки с крышками пенального типа. Металлические коробки укладывают в деревянные ящики размером: для капсюлей № 8А — $485 \times 417 \times 220$ мм, а для остальных типов — $548 \times 425 \times 228$ мм.

При взрывании капсюлей-детонаторов на свинцовых пластинках или кружках толщиной $5 \pm 0,1$ мм (для капсюлей-детонаторов № 8А толщина пластинки $6 \pm 0,1$ мм) в них должны пробиваться сквозные отверстия не менее диаметра капсюля-детонатора.

Огнепроводный шнур представляет собой слабо спрессованную пороховую сердцевину, покрытую несколькими слоями льняных или хлопчатобумажных оплеток. Наружные слои обмоток покрываются водоизолирующими составами или делаются из пластика. Огнепроводный шнур предназначен для передачи огня к

35. Характеристика огнепроводных шнуров

Изделие	Детали и их составные части	Наружный диаметр, мм	Длина шнура в круге, м	Область применения
Огнепроводный шнур пластикатный ОШП	<p>Внутренняя оплетка шнура: 1-я — льняная или хлопчатобумажная пряжа; 2-я — льняная или хлопчатобумажная пряжа</p> <p>Наружная оболочка: пластикатная масса. Сердцевина содержит дымный порох</p>	5,0—6,0	10±0,15	Для взрывных работ, кроме шахт, опасных по газу или пыли в обводненных, влажных и сухих выработках
Огнепроводный шнур двойной асфальтированный ОШДА	<p>Внутренняя оплетка шнура: 1-я — льняная или хлопчатобумажная пряжа; 2-я — льняная или хлопчатобумажная пряжа, покрытая слоем водоизолирующей мастики; 3-я — льняная или хлопчатобумажная пряжа, покрытая слоем водоизолирующей мастики</p>	5,0—6,0	10±0,15	То же

Продолжение табл.

Изделие	Детали и их составные части	Наружный диаметр, мм	Длина шнура в круге, м	Область применения
Огнепроводный шнур асфальтированный ОША	<p>Наружная оболочка шнура: хлопчатобумажная пряжа, покрытая слоем водоизолирующей мастики и опудренная тальком или пропитанная мастичной глиной</p> <p>Внутренняя оплетка шнура: 1-я — льняная или хлопчатобумажная; 2-я — хлопчатобумажная пряжа, покрытая слоем водоизолирующей мастики и опудренная тальком или пропитанная мастичной глиной</p>	4,8—5,8	10 ± 0,15	Для взрывных работ кроме шахт, опасных по газу или пыли во влажных и сухих работах

37. Размеры ящика для укладки огнепроводного шнура, мм

Марка шнура	Размеры деревянного ящика		
	длина	ширина	высота
ОШДА и ОША	490 ± 5	490 ± 5	435 ± 5
ОШП	475 ± 5	475 ± 5	300 ± 5

первичному инициатору капсуля-детонатора за точно указанный промежуток времени, поэтому он горит с определенной скоростью (отрезок длиной 60 см горит в течение 60—70 сек).

Шнур не должен иметь участков с узлами, переломам, следов плесени, затхлого запаха,

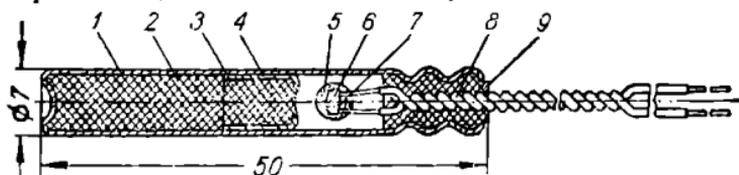


Рис. 8. Электродетонатор мгновенного действия:

1 — гильза электродетонатора; 2 — заряд высокобризантного ВВ; 3 — заряд инициатора; 4 — колпачок луженый; 5 — состав зажигательный; 6 — состав воспламеняющий; 7 — мостик накаливания; 8 — проводники; 9 — пластиковая пробочка.

участков сердцевины, пропитанных водоизолирующей мастикой, трещин слоя пластика или водоизолирующей мастики, выступающих затвердевших капель мастики (в шнурах марок ОШДА и ОША), сдиров и проколов пластика (в шнуре марки ОШП). Наружная оболочка шнура при температуре $+45^{\circ}\text{C}$ не должна быть мокрой, а при температуре -25°C (для ОШДА и ОША) или -30°C (для шнура ОШП) должны сохраняться водо- и влагонепроницаемость. Шнуры должны сгорать с равномерной скоростью, без хлопков, пробиваний пучка искр сквозь оболочку шнура и без затухания на протяжении всей длины круга или отрезка.

В табл. 36 приведена характеристика огнепроводных шнуров, применяемых на отечественных горных предприятиях.

Огнепроводный шнур отрезками длиной 10 м свертывается в круги различных диаметров, перевязывается в одном-двух местах шпагатом

(или нитками) и вкладывается один в другой, образуя бухту, состоящую из 25 кругов. Бухты укладывают в оберточную (ОШДА и ОША) или подпергаментную (ОШП) бумагу, перевязывают шпагатом и укладывают в деревянный ящик (табл. 37) по 200 кругов в два ряда (ОШДА и ОША) или по 100 кругов в один ряд (ОШП). Огнепроводный шнур формируется в партии по 12 тыс. м. Гарантийный срок использования шнуров ОШДА и ОШП 5 лет, а ОША — 1 год.

Электродетонаторы представляют собой капсуль-детонатор, снабженный электровоспламенителем. У электродетонаторов короткозамедленного и замедленного действия между первичным инициатором и электровоспламенителем помещается замедляющий состав, время горения которого определяет степень замедления взрыва с момента пропускания тока по проводникам электродетонатора.

Электродетонатор мгновенного действия (рис. 8) состоит из капсуля-детонатора и электровоспламенителя, представляющего собой мостик накаливания в виде нихромовой проволоочки диаметром 0,030 мм с вводными проводниками, закрепленными пластикатной пробочкой. При прохождении электрического тока мостик накаливания нагревается и поджигает воспламенительный и зажигательный составы, а с помощью последнего взрывается первичный инициатор и от него — вторичный инициатор.

Воспламенительный состав у электродетонаторов мгновенного действия ЭД-8-56 содержит по 50 весовых частей хлората калия и роданистого свинца и 1 весовую часть свинцового сурика, замешанных на 4%-ном нитролаке. Зажигатель-

38. Характеристика электродетонаторов

Изделе	Узлы и дета- ли	Паружный диаметр, мм	Материал дета- лей, покрытие и размер, мм	Сопротивле- ние электро- детонатора, ом
Электро- детонатор ЭД-8-56	Кап- скуль-де- тонатор №8М-56	6,8—7,5	Медь М-1, М-2 толщиной 0,5 или биме- талл толщиной 0,7	2—4,2
Неводо- стойкий электродето- натор ЭД-БМ-57	Кап- скуль-де- тонатор №8-Б Провод Мостик накали- вания	0,5	Звонковый с медной жилой с двойной хлоп- чатобумажной изоляцияей Нихромовая проволока $0,3 \pm 0,002$	2—4,2
Электроте- тонатор	—	—	—	2,8—6,5 провод ЭВА;

мгновенного действия

Безотказность действия	Исполнимость	Область применения	Основные требования
От тока 1 а (пост.) или $3,5\text{ а}$ (перем.)	От тока $0,15\text{ а}$ в течение 5 мин	Предназначается для инициирования заряда взрывчатого вещества при производстве взрывных работ в обводненных местах	Безотказно действуют соединенные последовательно в группу по 20 шт. от тока 1 а (пост.); от машинки ВМК-3/50 — в последовательно соединенных группах до 50 шт. Имеют разброс по времени срабатывания не более 6 мсек ($2 + 8\text{ мсек}$)
От тока 1 а (пост.) или $3,5\text{ а}$ (перем.)	От тока $0,15\text{ а}$ в течение 5 мин	Предназначается для использования в сухих местах	То же
От тока 1 а	От тока $0,15\text{ а}$	Предназначается для инициирования	Безотказно действуют соединенные последовательно в

Изделие	Узлы и детали	Наружный диаметр, мм	Материал деталей, покрытие и размер, мм	Сопротивление электро-детонатора, ом
<p>мгновенного действия водостойкий предохранительный ЭД-8П-59</p>				2—4,2 провод ЭВ
<p>Вариант I. Жесткий воспламенитель</p>	<p>Кап-сюль-детонатор КП-8П-59</p>	7,65	<p>Биметаллический плакированный или стальной толщиной 0,7 мм</p>	
<p>Вариант II. Эластичный мостик</p>	<p>Гильза</p>	7,65	<p>Провод железный луженый ЭВЖ для варианта I; медный ЭВ для вариантов I и II</p>	
<p>Вариант III. Штамповка мостика</p>	<p>Мостик накалывания</p>	7,65	<p>Проволока нихромовая</p>	

Продолжение табл.

Безотказность действия	Невоспламеняемость	Область применения	Основные требования
(пост.) или 3,5 а (перем.)	в течение 5 мин	заряда взрывчатого вещества при производстве взрывных работ в шахтах, опасных по газу и пыли	<p>группу по 20 шт. от тока 1а (пост.); от машинки ВМК-3/50 — в последовательно соединенных группах до 50 шт.</p> <p>Имеет разброс по времени срабатывания не более 6 мсек (2—8 мсек). Выдерживают в воде на глубине 2 м в течение 3 ч. Гарантийный срок хранения 1,5 года</p>

Изделие	Узлы и детали	Наружный диаметр, мм	Материал деталей, покрытие и размер, мм	Сопротивление электродетонатора, ом
Электродетонатор (бронированный) ЭД-9-60 трех вариантов крепления проводника	Капсюль-детонатор	9,65	Лента стальная толщиной 0,7 мм	2—4,2 или 2,8 ±
	Гильза Мостик накаливания	9,5	Нихромовая проволока диаметром 0,030 мм	± 5,6

ный состав содержит 78 весовых частей хлората калия и 22 части древесного угля, замешанных на водном растворе 20—26%-ного костного клея.

В табл. 38 приводятся данные о некоторых электродетонаторах мгновенного действия, применяемых или испытываемых в настоящее время.

Продолжение табл.

Безотказность действия	Невоспламеняемость	Область применения	Основные требования
Ток 1 а (пост.) или 3,5 а (перем.)	Ток 0,15 а в течение 5 мин	Предназначается для инициирования зарядов взрывчатых веществ при взрывных работах в обводненных местах в шахтах, опасных по газу и пыли	Безотказно действуют соединенные последовательно в группу по 20 шт. от тока 1а (пост.), от тока 0,55а — в группах по 20 шт. Допускается не более 20% отказов. Имеет разброс по времени срабатывания не более 6 мсек. Выдерживают в воде на глубине 2 м в течение 5 ч. Гарантийный срок хранения 1,5 года. Допущен к промышленным испытаниям (журнальное постановление Госгортехнадзора УССР № 4/61 от 8 июня 1961 г).

мя на горных предприятиях Советского Союза. Все электродетонаторы мгновенного действия должны иметь импульс воспламенения, т. е. произведение квадрата силы тока, пропускаемого через мостик накаливания, на время срабатывания детонатора в пределах 0,6—2,5 а²/мсек.

У электродетонаторов ЭД-8-56 или ЭД-8П-59 электровоспламенитель должен быть закреплен таким образом, чтобы он не выдергивался при подвешивании к проводникам груза 3 кг в течение 5 мин. Электродетонатор ЭД-9-60 должен выдерживать подобное испытание в течение 5 мин при грузе 10 кг (медные провода) и 20 кг (стальные провода) при температуре 15—25° С.

Электродетонаторы не должны иметь трещин, окислений, загрязнений, плен, грубых раковин и царапин, забоин и окалины на гильзе капсюля-детонатора, а также нарушений изоляционного слоя проводов, оголяющих жилу трещин в мастике и др.

Имеются также марки электродетонаторов мгновенного действия ЭД-ПБВ-60 и ЭД-БВ-60 с жестким креплением мостика и усиленной обжимкой гильзы.

Электродетонаторы, предназначенные для взрывания в сырых и обводненных местах, проверяются выдержкой в воде на глубине 1 м в течение 3 ч; водостойкость остальных электродетонаторов в резиновой и полихлорвиниловой изоляции проверяют выдержкой в воде на глубине 0,5 м в течение 1 ч. После выдержки в воде в течение указанного времени электродетонаторы должны сохранять взрывные свойства, что проверяется контрольными испытаниями.

Помимо приведенных в табл. 48, отечественная промышленность выпускает детонаторы мгновенного действия специального назначения: термостойкие (ТЭД-200, ТЭД-230), которые не изменяют своих взрывных свойств и не взрываются при температуре 200—240° С, электродетонаторы ЭДС для сейсмических работ и др.

Электродетонаторы мгновенного действия упаковывают в картонные коробки по 40—70 шт. (в зависимости от длины проводов). Картонные коробки укладывают в металлические оцинкованные коробки с крышками или коробки пенального типа, которые помещают в деревянные ящики. Количество детонаторов в партии составляет не более 50 000 шт.

Электродетонаторы замедленного действия могут быть разделены на две группы: а) электродетонаторы замедленного действия с замедлением от 0,5 до 10 сек; б) электродетонаторы короткозамедленного действия с временем замедления от 25 до 250 мсек.

Электродетонатор короткозамедленного дей-

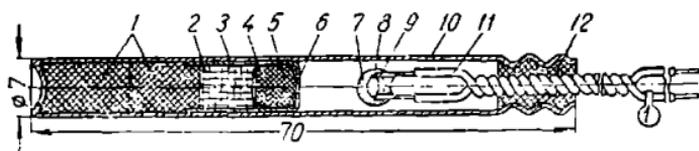


Рис. 9. Электродетонатор короткозамедленного действия:

1 — заряд высокобризантного ВВ; 2 — заряд инициатора; 3 — колпачок луженый; 4 — чашечка; 5 — замедляющий состав; 6 — кружок из шелковой сетки; 7 — зажигательный состав; 8 — воспламенительный состав; 9 — мостик накаливания; 10 — гильза электродетонатора; 11 — проводники; 12 — пластмассовая пробочка.

ствия (рис. 9) в отличие от электродетонатора мгновенного действия имеет замедляющий состав, расположенный между электровоспламенителем и первичным инициатором. Замедляющий состав и первичный инициатор помещены в общий колпачок и разделены между собой чашечкой с отверстием, через которое после сгорания замедляющего состава происходит воспламенение первичного инициатора.

39. Электродетонаторы ЭД-КЗ и ЭД-ЗД,

Изделие	Деталь	Материал детали	Сопротивление, ом
<p>Электродетонатор замедленного действия ЭД-ЗД с временем замедления 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 и 10,0 сек</p>	Гильза	Медь толщиной 0,5 мм	2—4,2
	Колпачок	Медь толщиной 0,5 мм	
	Проводники	Луженый провод ЭВ 0,5 мм по жиле	
	Мостик накаливания	Проволока нихромовая диаметром 0,030 мм	
<p>Электродетонатор короткозамедленного действия ЭД-КЗ с временем замедления 25; 50; 75; 100; 150 и 250 мсек</p>	Гильза	Медь М-М2 толщиной 0,5 мм	2—4,2
	Колпачок	Медь толщиной 0,5 мм	
	Проводники	Луженый провод ЭВ 0,5 мм по жиле	
	Мостик накаливания	Проволочка нихромовая диаметром 0,030 мм	

выпускаемые отечественной промышленностью

Гарантийность тока, a	Не взрывается от тока, a	Область применения	Технические требования
Ток $1a$ (пост.) или $3,5a$ (перем.)	0,15a в течение 5 мин	Предназначается для инициирования зарядов взрывчатого вещества при взрывных работах	Безотказно действует в последовательно соединенных группах (до 50 шт.) от машинки ВМК-3/50. Обеспечивает требуемое время замедления при испытании постоянным током в $1a$. Герметичен — выдерживает замочку в воде на глубине 1 м в течение 3 ч. Гарантийный срок хранения 1,5 года
Ток $1a$ (пост.) или $3,5a$ (перем.)	0,15a в течение 5 мин	Предназначается для инициирования зарядов взрывчатого вещества при взрывных работах	Безотказно работает в последовательно соединенных группах (до 50 шт.) от машинки ВМК-3/50 Обеспечивает требуемое время замедления при испытании постоянным током $1a$. Герметичен — выдерживает замочку в воде на глубине 1 м в течение 3 ч

Замедляющий состав электродетонатора короткозамедленного действия представляет собой механическую смесь свинцового сурика с силикокальцием или ферросилицием марок Сп 75 и Сп 45. В электродетонаторах замедленного действия ЭД-ЗД в качестве замедляющего состава применяется смесь свинцового сурика, хромокислого свинца и ферросилиция Сп 45. Группой работников Харьковского совнархоза предложен новый замедляющий состав на основе кристаллического кремния, обеспечивающий более точное срабатывание электродетонаторов с заданным замедлением, в связи с чем разброс по времени срабатывания значительно сокращается.

Воспламенительный состав таких электродетонаторов двухслойный: рецептура первого слоя аналогична ЭД-8П-59; второй слой, служащий для воспламенения замедляющего состава, содержит 90 весовых частей свинцового сурика и 10 частей силикокальция, замешанных на нитролаке. В качестве вторичного инициатора применяется тэн.

Характеристика электродетонаторов короткозамедленного и замедленного действия приведена в табл. 39.

Научные сотрудники МакНИИ и работники предприятия Харьковского совнархоза разработали и освоили выпуск электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия, безопасных по взрыву метана и угольной пыли. Эти электродетонаторы при открытом взрывании в опытном штреке не поджигают метан и пылевоздушную среду, что достигается за счет замены медной гильзы биметаллической омедненной гильзой с увеличенной толщиной стенки.

Чтобы можно было отличить электродетонаторы короткозамедленного действия различных ступеней, концы гильз окрашивают в различные цвета: для электродетонаторов с замедлением 25 мсек — в черный, 50 мсек — красный, 75 мсек — не окрашен, 100 мсек — зеленый, 150 мсек — коричневый и 250 мсек — фиолетовый.

Следует отметить, что применяемые в настоящее время электродетонаторы короткозамедленного действия (ЭДКЗ) с замедлениями в 25—50—75 мсек имеют существенный недостаток — малый интервал времени между смежными сериями (5—7 мсек, учитывая разброс во времени срабатывания электродетонаторов), в то время как для эффективного взрывания минимальный интервал времени между смежными ступенями должен быть 15—20 мсек. Это имеет особо важное значение при ведении взрывных работ в выработках с одной обнаженной плоскостью. Для улучшения эффективности в таких случаях, как правило, с целью увеличения интервала между взрывами пропускают одно замедление, преимущественно группу в 25 мсек, что существенно усложняет ведение взрывных работ на шахтах.

В забоях, где по условиям взрывания требуется более трех ступеней замедления, исключается возможность взрывания всего комплекта шпуров за один прием, так как правилами безопасности в шахтах, опасных по газу и пыли, при взрывании в угольных и смешанных забоях предусмотрено ограничение общего времени срабатывания электродетонаторов до 130 мсек. Таким образом, практикой была подтверждена необходимость разработки электродетонаторов,

имеющих бо́льший интервал по времени срабатывания, ввиду чего по техническим условиям МакНИИ начали выпускать электродетонаторы короткозамедленного действия с номиналом замедления 35—70—110 *мсек* и временем замедлений соответственно 25—45, 60—80, 95—130 *мсек*.

В результате промышленных испытаний новых детонаторов установлено:

1. Увеличение интервала времени замедления между группами дает возможность взрывать весь комплект шпуров в забое за один прием без пропуска одной серии замедлений.

2. Коэффициент использования шпуров при этом оставался таким же или лучшим, чем при использовании ЭДКЗ 25—50—75 *мсек* с пропуском одной серии (25 *мсек*) замедлений, но значительно увеличивался по сравнению с использованием детонаторов 25—50—75 *мсек* без пропуска одной серии замедления.

3. Практически стало возможным использование всех ступеней замедления для забоев с одной обнаженной плоскостью, что значительно упрощает и улучшает ведение взрывных работ на шахте и увеличивает степень их безопасности.

В отличие от детонаторов ЭДКЗ 25—50—75 *мсек* у электродетонаторов с замедлением 35—70—110 *мсек* окрашивается не донная часть гильзы, а обжимка по пластикатовой пробочке: в черный цвет окрашена обжимка электродетонатора ЭДКЗ-35, в красный — ЭДКЗ-70 и в зеленый — ЭДКЗ-110.

Электродетонаторы короткозамедленного действия упаковывают по 40—60 шт. в картонные коробки рядами по 5—10 шт. Каждый ряд про-

кладывается гофрированной бумагой, картоном или оберточной бумагой. На каждом электродетонаторе короткозамедленного действия должна быть металлическая бирка с обозначением времени замедления. Картонные коробки по 10 шт. укладывают в металлические оцинкованные коробки, а последние — в деревянные ящики.

В партии 500 000 шт. электродетонаторов короткозамедленного действия, а детонаторов ЭД-ЗД — 10 000—12 000 шт.

Детонирующий шнур, его конструкция и свойства

Детонирующий шнур (ДШ) применяется для одновременного взрывания зарядов, соединенных в общую сеть (например, серии глубоких скважин или минных зарядов при отбойке руды, групп скважин на открытых горных работах и т. п.).

Детонирующий шнур (рис. 10) состоит из сердцевины, заполненной высокобризантиным ВВ (кристаллический тэн), обеспечивающим большую скорость, трех слоев спиральных нитяных оплеток и двух изолирующих слоев водонепроницаемой мастики, что обеспечивает возможность

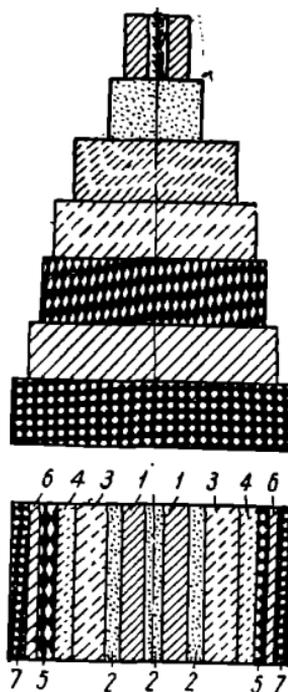


Рис. 10. Детонирующий шнур:

- 1 — направляющие нити;
- 2 — высокобризантиное ВВ;
- 3, 4, 6 — спиральные нитяные оплетки;
- 5, 7 — изолирующие слои водонепроницаемой мастики.

применения его в мокрых забоях. Наружная оплетка ДШ имеет красный или кремовый цвет с двумя красными нитями. Детонирующий шнур сам детонирует от капсюля детонатора или электродетонатора и передает детонацию взрываемым зарядам, поэтому в заряды нет необходимости помещать капсюли-детонаторы, этим самым степень безопасности взрывных работ повышается.

Детонирующий шнур менее опасен в обращении, его можно безопасно резать острым ножом на деревянной доске, при зажигании он горит спокойным пламенем, однако в больших количествах может взорваться.

Ниже приводится характеристика выпускаемого в настоящее время детонирующего шнура ДШ-А.

Диаметр шнура, мм	4,8—5,8
Длина шнура в бухте, м	50 ± 0,2
Вес сердцевины (кристаллический тэн), г	12,0 ± 1,0
Скорость детонации, м/сек	6500—7000

Внутренняя оплетка — первый и второй слои из льняных ниток, наружная — из хлопчатобумажных ниток (цвет оболочки — от белого до красноватого с двумя отличительными красными нитками по третьей оплетке, оболочка пропитана водоизолирующей мастикой)

Количество нитей: 1-й оплетки — 14 нитей льняных № 2,5 или 3,5; 2-й оплетки — 10 нитей льняных № 2,5 или 3,5; 3-й оплетки — 10 нитей хлопчатобумажных № 20/3, из них 8 белых и 2 красные

Основные требования: водоизолирующая мастика на оплетке шнура должна обеспечи-

вать водонепроницаемость шнура. Шнур должен быть эластичным, не терять способности к детонации при нагревании до $+50^{\circ}\text{C}$ и охлаждении до -28°C

Гарантийный срок — 1,5 года

Область применения—для всех видов взрывных работ, кроме шахт, опасных по газу и пыли

Прочность на разрыв — не менее 50 кг

Детонирующий шнур укладывают в бухты по 50 м. Концы его покрывают мастикой и укладывают внутри бухт. Одна или две бухты в пергаментной, подпергаментной или парафинированной бумаге перевязываются нитками в трех местах. Бухты в количестве 10 или 20 шт. укладывают в деревянные ящики. Партия содержит 10 000 м шнура.

Применение ДШ особенно целесообразно при наличии блуждающих токов, значительно повышающих опасность взрывания электродетонаторами.

В настоящее время ведутся работы по созданию детонирующих шнуров в пластикатной изоляции, повышающей водоустойчивость, а также стойкость по отношению к механическим повреждениям.

Пиротехнические замедлители детонирующего шнура

В связи с развитием техники взрывных работ на подземных и открытых разработках появилась необходимость группового взрывания скважин с миллисекундным замедлением. В то же время в ряде случаев применение для этих целей электродетонаторов короткозамедленного действия

невозможно из-за блуждающих токов и по другим причинам. До недавнего времени необходимый интервал замедлений между отдельными группами скважин достигался при помощи петли детонирующего шнура (так, например, при необходимости взорвать один ряд скважин мгновенно, а другой — с замедлением в 30 мсек между

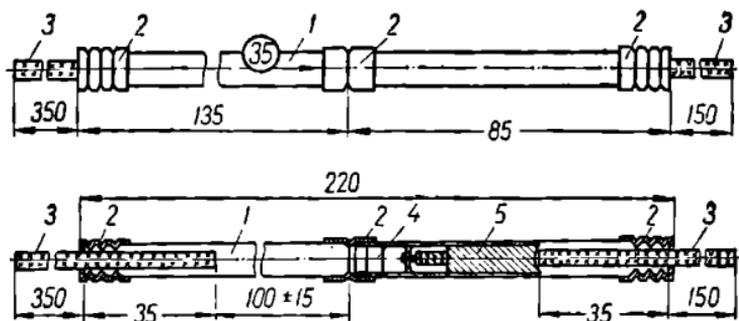


Рис. 11. Пиротехническое реле КЗДШ-58:

1 — трубка бумажная; 2 — колпачки алюминиевые; 3 — детонирующий шнур; 4 — замедлитель; 5 — капсуль-детонатор (стрелкой с цифрой в кружке обозначено направление детонации и время замедления в мсек).

этими рядами помещают 200 пог. м ДШ из расчета детонации шнура со скоростью 6,5 пог. м в 1 мсек). Однако такой способ имеет ряд недостатков: трудность коммутации сети, большой расход ДШ и в связи с этим удорожание взрывных работ, возможность отказов при неправильной коммутации, большой разброс во времени замедления, вызванный различиями в свойствах ДШ из разных партий, и т. д.

В дальнейшем были разработаны и испытаны специальные средства для замедления взрыва детонирующего шнура — так называемые пиротехнические реле марки КЗДШ-58 конструкции

ПЭУ Союзвзрывпрома. Применение этих реле обеспечивает замедления 10 ± 4 , 20 ± 6 , 35 ± 7 , 50 ± 7 мсек, но при необходимости могут быть подобраны и другие величины замедления, для чего необходимо соединить последовательно два или больше реле с различными замедлениями.

Конструктивно пиротехническое реле (рис. 11) выполнено в виде жесткой бумажной трубки, в которую заключены замедляющий элемент (капсюль-детонатор в медной гильзе) и пиротехнический замедлитель в виде металлической гильзочки, заполненной пиротехническим составом из 70% окиси меди и 30% алюминиевой пудры.

С обоих концов в трубке закреплены с помощью алюминиевых наконечников два отрезка детонирующего шнура длиной 350 и 150 мм. Между длинным отрезком и замедляющим элементом в трубке образуется пустое пространство длиной 100 мм.

На бумажной трубке нанесены стрелка, указывающая направление хода детонации (в направлении короткого отрезка ДШ), и цифры, указывающие время замедления. Для осуществления короткозамедленного взрывания пиротехническое реле включается в разрыв магистральной линии путем соединения отрезков ДШ реле внакрутку или внакладку с концами магистральной линии.

Средства для зажигания огнепроводного шнура

Зажигание огнепроводного шнура может быть осуществлено:

- 1) при взрывании одиночных зарядов зажигательным фитилем, насеченными отрезками

огнепроводного шнура или электрозажигателя марки ЭЗ-ОШ-Б;

2) при групповом взрывании зажигательными патронами и электрозажигательными патронами.

Электрозажигатель ЭЗ-ОШ-Б (табл. 40) рекомендуется применять в сухих и влажных выработках шахт, не опасных по газу или пыли, в интервалах температуры от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$ при одиночных взрывах, главным образом в случае небольшого числа последовательно взрывааемых зарядов (в узких магазинах, лавах и т. п.), когда с помощью электрозажигателя воспламеняются различной длины отрезки огнепроводного шнура, регулирующие последовательность срабатывания зажигательных патронов.

Зажигательный фитиль состоит из сердцевины в виде пучка хлопчатобумажных или льняных нитей, пропитанных раствором калиевой селитры, и наружной оплетки из крученой хлопчатобумажной пряжи. Допустимая влажность фитиля не более 7%. Фитиль с льняной сердцевиной имеет диаметр около 6 мм и горит (тлеет) на воздухе со скоростью 1—0,5 см/мин, а с хлопчатобумажной сердцевиной — диаметр 8—9 мм и скорость горения 0,4—0,7 см/мин.

На заводе фитиль укладывают бухтами по 50 м в пачки, состоящие из 5 бухт. Каждые 8 пачек упаковывают в деревянный ящик.

Зажигательные патроны предназначаются для одновременного зажигания группы отрезков огнепроводного шнура и выполнены в виде бумажной гильзы (стакана) с помещенной на дне уплотненной лепешкой из зажигательного состава высотой 2—3 мм. Для воспламенения группы

40. Характеристика электрозажигателя ЭЗ-ОШ-Б

Деталь	Материал детали, покрытия и ее размер	Безотказный гарантийный ток, а	Изоляционный ток, а	Электрическое сопротивление, ом	Основные требования
<p>Мундштучная бу- мажная гильза Электровоспла- менитель с пласти- катовой пробкой Проводники из звонкового провода диаметром 0,5 мм</p>	<p>Жила медная диаметром 0,50 мм с двой- ной хлопчатобу- мажной изоля- цией длиной 1 м</p>	<p>Не ниже 1а (пост.) и 3,5 а (перем.)</p>	<p>0,05</p>	<p>До 2,0—4,2</p>	<p>При испытаниях на безопасный, а также на безотказный ток электрозажигатели соединяются последо- вательно в группы по 20 шт. В первом слу- чае электрозажигатели не должны воспламе- няться при протека- нии через них посто- янного тока 0,05 а в течение 5 мин, во вто- ром случае все они должны срабатывать от постоянного тока 1 а. Гарантийный срок 1 год</p>

Деталь	Материал детали, покрытия и ее размер	Безотказный гарантийный ток, а	Безопасный ток, а	Электрическое сопротивление, ом	Основные требования
<p>Мостик накаливания диаметром 0,03 мм</p> <p>Воспламеняющаяся головка двухслойная. Первый слой: 72% хлората калия, 21% древесного угля и 7% роданистого свинца</p> <p>Второй слой: 85% свинцового сурика и 15% кремния</p>	<p>Нихромовая проволока сопротивлением 300—450 ом</p>				

шнуров концы их собирают в пучок и вставляют в патрончик до соприкосновения с лепешкой, одновременно вводя отрезок огнепроводного

41. Характеристика зажигательных патронов ЭП-Б

Изделие	Деталь	Внутренний диаметр гильзы, мм	Число помещенных в гильзу концов огнепроводного шнура
Зажигательный патрон ЭП-Б пяти калибров:	Гильза бумажная с зажигательным составом на дне. Крепление патрона к лучку шнуров производится с помощью резинового кольца или шпегата, сжимающего свободный (зубчатый) край гильзы. Зажигательный состав: 85% свинцового сурика и 15% кремния		
ЭП-Б № 1		18	До 7
ЭП-Б № 2		24	8—12
ЭП-Б № 3		30	13—19
ЭП-Б № 4		35	20—27
ЭП-Б № 5	40	28—37	

шнура, которым поджигается лепешка. Данные о зажигательных патронах приведены в табл. 41.

До настоящего времени находят применение зажигательные патрончики с пороховой лепешкой, состоящей из 85—86% дымного пороха, 4,5—5% парафина и 9—9,5% канифоля.

Электрозажигательные патроны (табл. 42) предназначены для применения в сухих и влажных забоях шахт, не опасных по газу и пыли при температуре окружающей среды $\pm 50^{\circ}\text{C}$ при групповом зажигании трубок, когда число последних не превышает 40—50 и заряды не слишком разобщены (главным образом в проходческих

забоях). Конструкция их сходна с зажигательными патрончиками, описанными ранее, за

42. Характеристика электроразжигательных патронов

Изделие	Деталь	Наружный диаметр, мм	Число помещенных концов ОШ в патрон	Электросопротивление, ом	Возгласный ток, а
Электроразжигательный патрон ЭЗП-Б пяти калибров	Бумажная гильза с укрепленным на дне ее электровоспламенителем и зажигательным составом. Предназначен для зажигания с помощью электровоспламенителя пучка концов огнепроводного шнура, помещенных в гильзу	16	До 7	2,0—4,2	До 0,05
ЭЗП-Б № 1		24	8—12		
ЭЗП-Б № 2		30	13—19		
ЭЗП-Б № 3		35	20—27		
ЭЗП-Б № 4		40	28—37		
ЭЗП-Б № 5	Мостик накаливания из нихромовой проволоки диаметром 0,03 мм Воспламенительная головка на мостике накаливания: 72% бертолетовой соли, 21% древесного угля и 7% роданистого свинца Зажигательный состав: 85% свинцового сурика и 15% кремния				

исключением того, что воспламенение зажигательного состава осуществляется с помощью электровоспламенителя.

Средства и принадлежности беспламенного взрывания

Взрывные работы с применением ВВ на угольных шахтах из-за наличия газа и угольной пыли очень опасны, поэтому за последние годы были созданы средства отбойки и рыхления угля, действие которых основано на внезапном приложении нагрузки, но в то же время они не вызывают взрыва пыли или газовой среды. Такая отбойка угля называется беспламенным взрыванием, а сами приспособления — средствами беспламенного взрывания (патроны, кардокс, гидрокс, эрдокс, нитрокс и др.).

Принцип действия этих средств отбойки заключается во внезапном создании внутри специального герметического закрытого металлического патрона повышенного давления, которое разрушает наименее прочную часть конструкции патрона. Потенциальная энергия сжатых газов, стремящихся расшириться до нормального объема, переходит в кинетическую энергию движения. В процессе этого перехода выполняется определенная механическая работа по разрушению угольного массива.

Носителями потенциальной энергии могут быть твердые или жидкие вещества (в том числе искусственно сжиженные газы), способные к быстрому испарению и образованию большого количества газов с высоким давлением, а также воздух, сжатый до высокого давления (эрдокс, армстронг).

В зависимости от принципа, положенного в основу создания давления внутри патрона, средства беспламенного взрывания можно разделить на 4 группы:

1. Патроны, основанные на применении инертных газов, имеющих низкую температуру кипения, критическую температуру и небольшую теплоту парообразования. Из средств такого типа в настоящее время находят применение патроны кардокс с использованием жидкой углекислоты. Не исключается возможность примене-

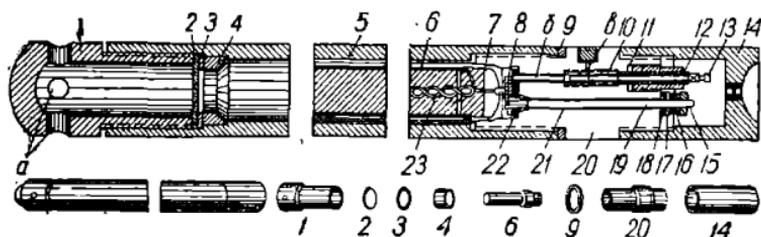


Рис. 12. Патрон кардокс конструкции ВУГИ:

а — отверстия разрядной головки; *б* — канал для углекислоты; *в* — отверстие для проводов; 1 — разрядная головка; 2 — стальной диск; 3, 9 — свинцовая прокладка; 4 — опорное кольцо; 5 — стальной цилиндр; 6 — нагревательный элемент; 7 — цоколь электролампы; 8 — контакт; 10 — запорный конус; 11 — сальник; 12 — нажимная гайка; 13, 15 — зажимы; 14 — предохранительный колпак; 16 — контакт; 17 — латунная шайба; 18, 22 — фибровые прокладки; 19 — бумажная прокладка; 20 — зарядная головка; 21 — изолирующий стержень; 23 — проводка электровоспламенителя.

ния в патронах типа кардокс азота или каких-либо других инертных газов.

2. Патроны с сухими зарядами, представляющими собой смеси химически активных веществ, способных при сгорании выделять большое количество газов (хемикол, нитрокс, гидрокс английский).

3. Патроны с водой (гидрокс).

4. Патроны со сжатым до высокого давления воздухом (эрдокс, армстронг).

Патроны кардокс (рис. 12). Углекислота име-

ет критическую температуру 31°C , температуру кипения — 79°C и критическое давление 75 ат . Благодаря низкой критической температуре углекислота, содержащаяся в патроне, при сгорании нагревательного элемента почти мгновенно превращается в газ, в связи с чем давление в патроне резко повышается. Кроме того, нагревание происходит до температуры, во много раз превышающей критическую (до 1500°C), что также способствует увеличению давления внутри патрона.

Как уже упоминалось ранее, принцип действия патронов кардокса основан на нагревании жидкой углекислоты в специальной стальной трубке при помощи нагревательного элемента с образованием углекислого газа, который при достижении определенного давления вырывается из патрона через четыре отверстия *a* разрядной головки. Желательный эффект взрыва достигается тем, что в начальный период горения нагревательного состава образующиеся газы не могут выйти из патрона наружу, так как они задерживаются специальным стальным диском толщиной $1,5\text{—}3\text{ мм}$. Когда давление газов в патроне достигнет определенной величины, происходит срезание диска, и газы, выходя через отверстия *a* с большей скоростью и под большим давлением, способны произвести значительную механическую работу.

Зарядка патрона осуществляется следующим образом. В один конец трубки вставляются опорное кольцо и свинцовая проволока, с противоположной стороны в трубку ввинчивается кладка, срезающий диск, после чего ввинчивается разрядная стальная зарядная го-

ловка, в которой имеется канал *б* для наполнения патронов углекислотой, закрытый стальным конусом с нажимной гайкой и сальником. Углекислота накачивается в патрон из баллона через отверстие *в*. Нагревательный элемент для шахт, не опасных по газу и пыли, состоит из 90% бертолетовой соли и 10% нафталина, помещенных в бумажную гильзу; зажигание его осуществляется с помощью электровоспламенителя. Диаметр патрона ВУГИ-38 42 мм, вес заряда углекислоты 7600 г, вес нагревательного элемента 100 г. При нагревании смесь хлората калия и нафталина реагирует по уравнению $C_{10}H_8 + 8KClO_3 = 10CO_2 + 4H_2O + 8KCl + 471 \text{ ккал/моль}$. Подготовленный к взрыванию патрон кардокс помещается в шпур разрядной головкой ко дну шпура, после чего производится взрыв с помощью взрывной машинки.

Давление, развиваемое газообразной углекислотой, может достигать в патроне 4500—5000 ат, но практически используется при меньших значениях (700—1500 ат).

Момент срабатывания патрона зависит от толщины диска, способного выдержать то или иное давление в патроне. Так, при испытаниях диск толщиной 2,8 мм разрывался при давлении 1700 кг/см², с увеличением толщины диска до 3,6 мм срабатывание патрона произошло при давлении 2200 кг/см².

Для шахт, опасных по газу и пыли, разработан специальный тип нагревательного элемента весом 75 г с добавкой 100 г поваренной соли для заряда 320—360 г углекислоты. Для придания негорючести оболочке этого нагревательного элемента она пропитывается раствором хлорк-

стого аммония и двухосновной фосфорно-аммонийной соли.

В Англии применяют следующие два безопасных состава нагревательного элемента:

1) перхлорат калия 85%, асбестовое волокно 1,5%, моонитротолуол 4,5%, керосин 8,5%, касторовое масло 0,5%;

2) перхлорат калия 84%, продукты конденсации фенола 16%.

Преимущества отбойки угля патронами кардокс заключаются в повышении безопасности, увеличении выхода крупнокускового угля, отсутствии ядовитых газов, возможности обуривания забоя и зарядки до подрубки (что недопустимо при применении ВВ). Таким образом, появилась возможность организовать непрерывную работу в лаве без увеличения опасности для рабочих; доставка в забой осуществлялась не только взрывниками, но и другими рабочими. Недостатками применения патронов кардокс является то, что отбойка эффективна только при наличии двух обнаженных поверхностей; зарядная аппаратура очень громоздка, необходимо иметь электросверла большой мощности, так как под патроны кардокса требуется бурить шпуров большого диаметра; следует отметить также большую сложность и трудоемкость при транспортировании патронов в забой.

После взрыва металлический патрон остается целым и может быть использован еще раз. Практически один патрон выдерживает от 200 до 700 и более взрываний, что зависит от качества стали, из которой изготовлен патрон, и давления, при котором происходит срабатывание патрона, т. е. от толщины диска.

Для каждого повторного использования патрона его необходимо тщательно очистить от остатков диска, затем вставить новый диск и нагревательный элемент и накачать новую порцию углекислоты. В Англии в среднем производят ежегодно 2—2,5 млн. взрываний патронами кардокс. В США еще в 1957 г. с помощью этих патронов было добыто более 90 млн. *t* угля.

Патроны с сухими зарядами. Для упрощения техники отбойки угля средствами беспламенного взрывания группа работников КузНИУИ предложила новую конструкцию патрона, названного ими нитроксом. Этот патрон взамен углекислоты снаряжается смесью нитрата натрия и хлорида аммония, которые в процессе реакции обменного разложения образуют инертные газообразные и парообразные продукты. Величина заряда составляет 400 г. Импульсом для начала химической реакции служит воспламенение навески дымного пороха (16 г), в дальнейшем реакция протекает по уравнению $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$.

Общий вес заряженного патрона около 8 кг, диаметр патрона 44 мм, длина 1,15 м.

Аналогичный принцип положен в основу создания английского патрона гидрокс В37.

За последнее время Институт горного дела АН УССР испытал на шахтах Донецкого совнархоза патроны гидрокс-3, основной заряд которых состоит из 47,5—50,5% аммиачной селитры, 33—36% гексогидрата нитрата магния и 14—16% древесной муки. Воспламенение основного заряда осуществляется иницирующим составом в виде смеси 57,5—60,7% нитрата гу-

анидина, 35—38% персульфата аммония, 2,2—4,2% хлористой меди, 0,1—1,1% каолина и 0,1—1,1% касторового масла. Чтобы подготовить такой патрон к применению, достаточно отвинтить зарядную головку, вложить в металлическую трубку основной и инициирующий заряды, упакованные вместе в виде патрона, присоединить проводники к зарядной головке и вручную завинтить ее. Патроны гидрокс такого типа могут заряжаться непосредственно у забоя (вместо выдачи на поверхность для зарядки, при патронах кардокс). Проверка патронов гидрокс при их зарядке в шахте должна производиться через каждые 30 дней. Результаты испытаний патронов гидрокс-3 на антрацитовых шахтах (шахта № 21/204 треста «Краснолучуголь») показали целесообразность их применения в указанных условиях.

Гидрокс. В связи со сложностью зарядных агрегатов для заполнения патронов кардокс углекислотой было предложено заменить ее водой. Такие патроны, заполненные водой вместо углекислоты, получили название гидрокс. Применение воды позволяет упростить зарядную головку и производить зарядку непосредственно у забоя. Диаметр патрона гидрокс 50 мм, длина 800 мм, толщина срезающегося диска 3 мм, вес вводимой в патрон воды 200—300 г, вес нагревательного элемента (пороха) 135—145 г. Опыты с применением патронов гидрокс показали, что они разрываются или деформируются после нескольких взрываний, по-видимому, в результате гидравлического удара.

Отбойка угля сжатым воздухом. С целью упрощения методов беспламенного взрывания в

ряде стран были проведены опыты по использованию для наполнения стальных патронов сжатым воздухом из воздухопроводной сети высокого давления (до 1050 кг/см^2), который вырабатывался четырехступенчатым компрессором. В дальнейшем средства отбойки угля сжатым воздухом совершенствовались, и в настоящее время на

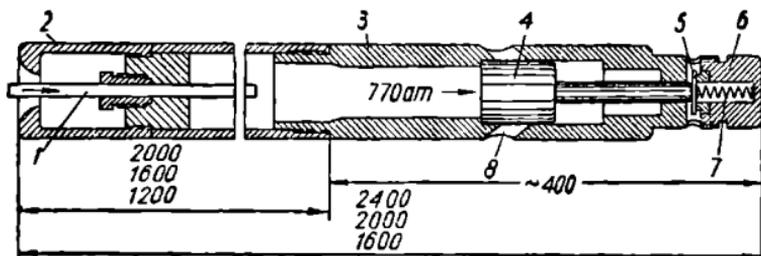


Рис. 13. Патрон для взрывания сжатым воздухом:

1 — поступление сжатого воздуха; 2 — пробка с резьбой; 3 — цилиндр; 4 — поршень; 5 — срезающий штифт; 6 — установочная гайка; 7 — пружина поршня; 8 — отверстия для выхода воздуха.

шахтах ряда зарубежных стран применяется новое оборудование для взрывания сжатым воздухом из сети, состоящее из компрессора, металлического трубопровода, гибкого трубопровода в лаве, вентилях и специальных патронов.

Патрон эрдокс (рис. 13) состоит из прочного стального цилиндра наружным диаметром 63 мм , в котором имеется поршень. С одной стороны на цилиндр навинчивается разрядная головка с установочной гайкой, а с другой стороны — цилиндр закрывается пробкой с резьбой.

Перед взрыванием в канал штока поршня вставляется срезающийся штифт и затем патрон помещается в шпур, после чего открывается вентиль трубопровода, и воздух начинает поступать по трубке, вставленной в пробку.

Когда давление воздуха на поршень достигнет 770—840 *атм*, срезающийся штифт разрушается и поршень, перемещаясь слева направо, открывает отверстия в цилиндре, через которые воздух вырывается наружу и разрушает угольный массив. При понижении давления поршень под действием пружины 7 возвращается в исходное положение, закрывая выходные отверстия. После вставки нового срезающегося штифта патрон опять подготовлен к очередному взрыву.

Чтобы патрон в процессе взрыва не выбрасывался из шпура, отверстия 8 в цилиндре, через которые происходит внезапный выход воздуха, сделаны скошенными, и поэтому реактивной силой выходящего воздуха патрон удерживается в шпуре. Поскольку разрядные отверстия расположены в 30—40 *см* от конца патрона, рекомендуется шпуры бурить глубже. Продолжительность одного взрывания описанным выше патроном 5—6 *мин* (2—3 *мин* — на установку штифта, введение патрона в шпур и присоединение шланга, время от открывания вентиля до разрыва штифта также 2—3 *мин*).

В настоящее время на шахте 17—17-бис, треста «Краснолучуголь», и некоторых других шахтах Донбасса проходят испытания установки для отбойки угля сжатым воздухом.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАРУБЕЖНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛАХ

Взрывчатые вещества, применяемые за рубежом, можно разделить на аммиачно-селитренные ВВ, нитроглицериновые ВВ и средства беспламенного взрывания.

Аммиачно-селитренные ВВ

За рубежом нашли широкое применение следующие аммониты:

1) динамон № 1 (Чехословакия) — аммиачная селитра 82,94%, тротил 10,16%, донитротолуол 4%, древесная мука 2,7%, краски 0,2%;

2) углеэнергит С (Чехословакия) — аммиачная селитра 73,99%, тротил 6,33%, динитротолуол 5,15%, древесная мука 2,43%, поваренная соль 12,1%;

3) К-3 (Чехословакия) — аммиачная селитра 48,5%, тротил 48,5% и древесная мука 3,0%;

4) аммонит NO (Бельгия) — аммиачная селитра 78,7%, тротил 21,3%;

5) А-5 (Польша) — аммиачная селитра 83,5%, тротил 7,5%, динитротолуол 2%, алюминий 7%;

6) нитронафталиты (Франция) — аммиачная селитра 78—88% ди-или тринитронафталин 12—22%;

7) аммонал (Англия) — аммиачная селитра 83%, тротил 12%, алюмин 5%;

8) аматол (Англия) — аммиачная селитра 82%, тротил — 18%;

9) аммонит № 0 (Франция) — аммиачная селитра 78,2%, тротил 21,8%.

10) аммонит № 30 (Франция) — аммиачная селитра 80,2%, тротил 10,6%, алюминий 9,2%.

11) аммонит № 1с (Франция) — аммиачная селитра 87,4%, динитронафталин 12,6%.

В некоторых странах выпускают мощные аммиачно-селитренные ВВ, содержащие добавки тэна, гексогена, а также небольшое (до 15%) количество нитроэфиров. Ниже приведены типичные рецептуры порошкообразных аммиачно-селитренных непродохранительных ВВ с содержанием нитроэфиров (табл. 43):

1) донарт А (ФРГ) — аммиачная селитра 78%, тротил 14%, нитроглицерин 6%, древесная мука 2%;

2) динамит (Франция) — аммиачная селитра 74,5%, алюминий 6%, нитроглицерин 12%, динитротолуол 5%, нитроклетчатка 0,5%, целлюлоза 2%. К этому же типу ВВ относятся поллар-рокит (Англия), каолиты (США) и другие.

43. Характеристика некоторых типов аммиачно-
ВВ с содержанием нитроэфиров;

Страна	Наименование ВВ	Содержание компо					
		аммиачная селитра	нитроэфир	нитрог-луолы	древесная мука	попаренная соль	хлор-калий
ФРГ	Вестфалит А	80,5	4	1	1,5	—	13
	Веттер-астралит	—	15	—	4	66***	—
Англия	Салит А	57	12	—	3,5	27,5	—
	Полар-динабль	51—54	14—15	0,5—1,5	4—6	24—26	—
	Аль-раунколь	55	10	1	12	12	—
	Юнибел	46,5—49,5	10—12	0,25—1,25	3—4	34,5—36,5	—
	Юникол	34—37	9—11	—	9—12	29—32	—
Бельгия	Фламми-вор	57,5	10	—	7,5	25	—
Польша	Карбонит Д-3	68,5	4	9	3,5	15	—
	МР № 16	55	5	4,5**	3,5	27	—
	Метанит М25	63	4	4,5**	3,5	25	—
	Метанит MS 45	42,5	6	3,5	3,0	45	—
	Чехословакия	Плиноастралит	70	6	2	3	19
Франция	Гризудинамит	82,5	12,5	—	—	—	—
США	Каолит	81	11	—	8	—	—

* По данным Дубнова Л. В.

** В том числе тротил 3,5%, динитротолуол 1%.

*** В том числе 41% бикарбоната натрия.

селитренных порошкообразных предохранительных применяемых за рубежом *

Нейтов %		Теплота взрыва, ккал/кг	Работоспособность, с/м³	Бризантность, мм	Передача детонации, см	Скорость детонации, м/сек
хлористый аммоний	щелочная селитра					
—	—	—	240	11—12	—	—
—	15	—	100	4—6	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	745	—	—	—	4500
—	10	630	—	—	—	2900
—	—	450	—	—	—	1700—2000
—	12,5—14,5	509	—	—	—	2700
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	257—285	—	3—5	2000—2100
5	—	—	209—202	—	5	—
—	—	—	190—230	—	3—5	1300—1600
—	—	—	140	—	4	—
—	—	—	—	—	—	—
—	5	495	230—250	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—

Нитроглицериновые ВВ

Из числа неприехранительных динамитов во Франции применяются высокопроцентные (92 и 82%) динамиты, в Англии и Франции — 50—65% желатин-динамиты; в США, Англии и ФРГ — полупластичные 20—40% динамиты.

В качестве окислителей в зарубежных динамитах применяют аммиачную, реже натриевую и калиевую селитры.

Из рецептур неприехранительных динамитов следует назвать: а) гремучий студень, состоящий из 92—93% нитроглицерина в смеси с нитроглицеролом и 7—8% нитроклетчатки; б) поляр-аммон-желатин-динамит (Англия), состоящий из 50% нитроглицерина, 42,5% аммиачной селитры, 2,5% нитроклетчатки и 5% горючей добавки; в) желатин-донариты (ГДР), состоящие из 20—30% нитроглицерина, 50—60% аммиачной селитры, 10% натриевой селитры, 15% нитротолуолов и до 2% древесной муки.

Во Франции применяют динамиты с содержанием нитроглицерина «гомм А» 93%, «гомм В» — 82%, № 2—34% (толанит 27%), стабилизатор № 3—21,4%, мартинит — 22,5%, нобелит — 20%, нитробаронит В — 22% (содержит, кроме того, 3% алюминия), селлалит — 29%. Применяемые в ФРГ нитроглицериновые ВВ содержат нитроэфиры: динамит № 1 — 65%, динамит Д — 30% (гексоген 70%), аммон-гелит № 1, № 2 и № 3 20—30% (55% аммиачной селитры и алюминия). Состав польских нитроглицериновых ВВ: динамит № 1—65% нитроглицерина; № 1Г — 47% нитроглицерина, 16% нитроглицероля; № 5 — 22% нитроглицерина; № 5Г — 17,5% нитроглицери-

на, 4,8% нитрогликоля. Бельгийские нитроглицериновые ВВ, называемые форситами, содержат от 36 до 74% нитроэфиров.

Характеристика некоторых предохранительных динамитов приводится в табл. 44, а рецептура большинства нитроглицериновых ВВ, применяемых в Англии и Западной Германии,— в табл. 45.

Для сравнения в табл. 46 и 47 приводятся некоторые сведения об отечественных и зарубежных предохранительных ВВ.

Для очень опасных условий за рубежом рекомендуется из сверхбезопасных ВВ следующий состав с замедленной реакцией взрывчатого преобразования (%):

Смесь нитроглицерина и нитрогликоля	10
Кизельгур	0,5
Древесная мука	55
Хлористый аммоний	34

Работоспособность такого ВВ составляет 107,5 см³, скорость детонации 1895 м/сек, теплота взрыва 255 ккал/кг.

Из числа специальных ВВ, применяемых за рубежом, следует указать на английское желатинированное ВВ «Гидробел», способное устойчиво детонировать в воде при давлении свыше 75 кг/см².

Предохранительные оболочки в различных странах имеют различный состав. В Англии применяют оболочки порошкообразного типа из бикарбоната натрия с толщиной стенок около 3 мм; в ФРГ в состав предохранительных оболочек входит 15% нитроглицерина, 50% бикарбоната натрия и 35% поваренной соли. Бельгийские обо-

44. Предохранительные динамиты, применяемые

Страна	ВВ	Содержание				
		нитроэффи- ры	глицерин	нитрокет- чатка	нитрото- луолы	селитры
ФРГ	Веттер-нобелит «Б»	29,2	—	0,8	—	29,5
»	Веттер-вазагит «С»	24,3	—	0,7	2,5	32,5
Англия	Полар-Аякс	24,25	—	0,5—1,0	1,3	44—47
	Полар-Самсонит	57—78	—	3,0—3,5	—	5
Бельгия	Секторит «В»	35	—	1,5	—	23,5
Чехосло- вакия	Метанит	25	—	0,8	—	28,2
Польша	В-38	22	1	0,5	2,5	34,5*
Польша	В-45	22	1	0,8	2,0	27,0**

* В том числе аммиачная селитра 30,5%, нат-

** В том числе аммиачная селитра 21,0%, нат-

45. Рецептатура некоторых английских и западно-

Составные части	ВВ		
	поляр- лякс	поляр- викинг	гидрбел
Нитроглицерин + нитро- гликоль	24,25	11,0—0,0	37,9—40,9
Тротил	1,3	—	—
Коллодионный хлопок	0,5—1,0	—	3,0—1,0
Древесная мука	0,5—1,5	—	1,6—0,6

за рубежом (по данным Л. В. Дубнова)

древесная мука	компонентов, %			Плотность, г/см ³	Работоспособность, г.м ³	Теплота взрыва, ккал/кг	Бризантность, м.к	Передача детонации, см
	тальк	пламегасители	50% NH ₄ NO ₃ 50% H ₂ O					
0,5	—	40	—	1,4	185—190	—	14,5	3
—	—	40	—	1,6	195—200	—	—	4
0,5—1,5	—	23—25	—	1,55	—	803	—	—
—	—	32—33	—	—	—	803	—	—
—	—	40	—	—	—	—	—	—
—	—	46	—	1,65	157	509	12—13	2
—	1,5	38	—	—	—	—	—	—
—	1,0	45	1,2	—	—	—	—	—

риевая селитра 4%.
риевая селитра 6%.

германских ВВ% (по В. А. Асонову)

ВВ							
веттер-но белит	веттер-ва-загит «Б»	веттер-детонит «А»	веттер-вестфалит «А»	веттер-карбонит «А»	веттер-секурит «А»	веттер-астралит	веттер-бнкарбонт
29,2	27,1	7	4	10	35	15	15
—	—	14	1	—	—	—	—
0,8	1	—	—	—	1,5	—	—
0,5	0,3	1,5	1,5	0,5	—	4	4,5

Составные части	ВВ		
	поляр- лякс	поляр- викинг	гидрбел
Аммиачная селитра	44—47	71,5—68/5	21—19
Калиевая селитра	—	—	—
Натриевая селитра	—	—	—
Бикарбон натрия	—	—	—
Обменные соли:			
нитрат натрия + + хлористый аммо- нный	—	—	—
Хлористый натрий	23—25	11,0—9,0	28,1—26,1
Хлористый калий	—	—	—
Сернистый калий	—	—	10,7—8,7
Фосфорнокислый аммоний	—	—	0,8—0,1
Известь	—	—	1,0—0,1
Централит	—	—	—
Тальк	—	—	—
Глинозем	—	—	—
Белая глина	—	1,1—0,1	—

Продолжение табл.

ВВ							
веттер-нобелит	веттер-пизагит «Б»	веттер-детонит «А»	веттер-вестфалит «А»	веттер-карбонит «А»	веттер-секунт «А»	веттер-астралит	веттер-бнкарбит
26,5	31,5	54,5	80,5	—	23,5	—	—
3,0	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	15	13
—	—	—	—	—	—	41	45
—	—	—	—	89	—	—	—
40,0	39,5	23	—	—	40	25	22,5
—	—	—	13,0	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,1	—	—	—	—	—
—	—	0,5	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,5	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

46. Сравнение отечественных и зарубежных предохранительных ВВ (по В. А. Ассонову)

Группа ВВ	За рубежом		В СССР	
	Название ВВ	Состав, %	Название ВВ	Состав, %
Аммониты для сухих забоев	Гризунафталин (Франция), кентит (Англия), триамит (Бельгия), углеэнергит (Чехословакия)	Аммиачная селитра 52—90, тротил, нитронафталины 5—15, древесная мука 0—3, поваренная соль 0—26, прочие вещества 0—5	Предохранительные аммониты АП-1, АП-2	Аммиачная селитра, тротил, пламегасители
Водоустойчивые аммониты	—	—	Аммониты АП-4ЖВ, АП-5ЖВ, ПЖВ-20	Водоустойчивая аммиачная селитра, тротил, пламегасители
Нитроглицириновые порошкообразные ВВ	Веттер-донариты (ФРГ), вестфалиты, фламинивор (Бельгия), полардинюбл, адраункол (Англия), детониты, метаниты (Польша)	Нитроэффиры 4—15, нитросоединения 0,25, древесная мука 1,5—12, селитры 51—81, хлорид натрия 12—26	Победит ПУ-2, водоустойчивые победиты ВП-1, ВП-2, малоплотный аммонит № 15	Нитроэффиры, тротил, стеарат кальция, древесная мука, аммиачная селитра, натриевая селитра, пламегасители

Желатиновые динамиты	Веттер-нобелиты, веттер-вазагиты (ФРГ), желатинкоалиты (США), секюриты (Бельгия), поларэйжес (Англия), желдонариты (Чехословакия), клоргризудинамит (Франция)	Нитроэфиры 20—60, коллоидный хлопок 0,8—3,5, нитросоединения 0—10, секунды 5—55	Динамит Д-3	Нитроэфиры, коллоидный хлопок, аммиачная селитра, калиевая селитра, древесная мука, хлористый калий
ВВ с большим содержанием пламегасителей	Эквивалентные ВВ (Англия), угольные улучшенные (Франция), веттер-бикарбиты, веттер-астралиты (ФРГ)	Нитроэфиры, в отдельных сортах тэн (Франция), пламегасители 40—80	—	—
Предохранительные оболочки	Пассивные (Англия, Бельгия, Япония), активные (ФРГ, Чехословакия)	Бикарбонат натрия, хлористый натрий и другие, пламегасители 85—90, нитроглицерин 15—10	Пассивные	Хлористый калий

47. Сравнение категорий ВВ в СССР и западноевропейских странах (по В. А. Асонову)

Страна	Категории групп ВВ			
	ВВ для шахт, не опасных по газу или пыли	ВВ для работ по породе	ВВ для шахт, опасных по газу или пыли	ВВ, у которых соли оболочек введены в состав
СССР	Непредохранительные ВВ для подземных работ, кроме шахт, опасных по газу или пыли	Предохранительные ВВ для работ только по породе	Предохранительные ВВ для работ по уголю и породе	Эквивалентные и ВВ с обременными солями
Англия	Недопущенные ВВ	Допущенные ВВ без оболочек	Допущенные ВВ в оболочках	Класс III
ФРГ	В угольных шахтах не допускаются	Класс I	Безопасные ВВ	сверх безопасные ВВ
Франция	ВВ ограниченного использования	Породные ВВ	Угольные ВВ	Улучшенные угольные ВВ
Бельгия	Динамиты, Бризантные ВВ	Допущенные ВВ	Допущенные ВВ	ВВ высокой безопасности

лочки имеют толщину 5 мм и бывают порошкообразными, полужесткими и жесткими. Вес их колеблется от 110 до 140 г на 100 г ВВ.

В шведской горной промышленности в подземных условиях находят применение преимущественно пластичные нитроглицериновые ВВ. Характеристика некоторых шведских ВВ приведена в табл. 48.

48. Характеристика некоторых пластичных нитроглицериновых ВВ

ВВ	Содержание нитроглицерина, %	Скорость детонации в 3 мм железной трубке, диаметр 1 дюйм, м/сек	Теплота взрыва, ккал/кг (без бумаги)	Объемный вес, кг/см ³	Объем продуктов взрыва, л/кг	Концентрация энергии, ккал/л	Консистенция
LFN	45	6500	1230	1,45	836	1785	Пластичное
LFB	36	6100	1200	1,45	855	1740	»
Секурит	—	6100	1015	1,5	857	1520	»
Гурит	50	3700	785	1,2	363	940	Порошкообразное
Нитролит	6	5300	1070	1,15	866	1230	»
Набит	6	4900	1055	1,12	904	1180	»
Аммоинт	—	2500	940	0,9	880	845	»

Кроме приведенных в табл. 48 на рудниках Швеции, а также Финляндии широко применяется новое ВВ (иматрекс), представляющее собой хлорноватокислый калий (KClO_3), пропитанный горючими жидкостями (керосином, сырой нефтью и др.). В настоящее время его изготавливают в гранулированном и патронированном виде.

В зависимости от степени прессования объемный вес прессованного иматрекса после пропитывания составляет 1,55—1,75 г/см³, а гранулированного 1,1—1,3 г/см³. Температура взрыва этого ВВ составляет 3200° С, скорость детонации в зависимости от плотности заряда, вида горючей добавки и других факторов колеблется от 3000 до 4000 м/сек.

При взрыве 1 кг (при температуре 0° С и давлении 10 ат) выделяется 450—490 л газов. Отличительной особенностью этого ВВ является то, что газообразные продукты его не токсичны, без запаха, не вызывают болезненных явлений. Благодаря указанным свойствам иматрекс находит применение прежде всего на рудниках со сложными условиями проветривания. Смешивание компонентов производится на месте взрывных работ. Во влажных условиях на шведских рудниках применяют ВВ простейшего типа снотрекс, который представляет собой смесь 72% хлората натрия (NaClO₃), 9% дизельного топлива, 2% СМС (карбоксиметилцеллюлоза) и 17% воды.

В скандинавских странах за последние годы проведены большие работы по испытанию и применению в подземных условиях смеси аммиачной селитры с дизельным топливом, приготовляемой вблизи места взрыва. Иницирование шнура, заполненного этой смесью, осуществляется патроном 36%-ного динамита LFB. В крепких породах применяют комбинированные заряды: в нижней части шнура помещается динамит, в верхней — смесь селитры с горючим. При условии тщательного смешивания и плотной зарядке такая смесь устойчиво детонирует в зарядах динаметром 28—50 мм.

В дальнейшем был сконструирован агрегат для механизированной зарядки скважин, позволивший увеличить плотность заряжения восходящих скважин до 1,1, а горизонтальных и нисходящих — до 1,22 кг/дм³. В обводненных забоях при заряжении скважин такими взрывчатыми смесями применяют влагоизоляцию в виде длинной пластмассовой оболочки, которая надевается на трубку зарядного агрегата и посылается в скважину. Эта оболочка принимается несколько большего диаметра, чем скважина, благодаря чему последняя хорошо заполняется.

На некоторых зарубежных рудниках находят широкое применение в подземных условиях оксиликвиты. В частности отбойка руды на железных рудниках Лотарингского бассейна (Франция) ведется почти полностью с помощью оксиликвитов.

Поглотитель жидкого кислорода состоит из смеси древесных опилок, силикогеля и геля глинозема. Такой состав поглотителя обеспечивает в короткий период времени поглощение большого объема жидкого кислорода и повышение мощности оксиликвитов (по работоспособности и бризантности они равны динамитам). Патроны имеют длину 0,6—0,8 м; при диаметре 37—42 мм продолжительность сохранения ими взрывных свойств около 20 мин, доставка в забой жидкого кислорода с патронами-поглотителями осуществляется в специальных термосах на колесном ходу, продолжительность зарядки 30—35 шпуров глубиной 2,8 м двумя взрывниками составляет 8—10 мин. В качестве забойки применяют деревянные клинья (пробки), которыми закрывают устья шпуров сразу же по окончании заряжения

для предотвращения испарения кислорода. Шпур-ы взрывают с помощью специальных электродетонаторов длиной 66 мм, диаметром 7 мм, принцип действия которых заключается в следующем: проволока с определенным омическим сопротивлением (он выдерживает, не взрываясь, силу тока 4 а в течение 5 мин) при прохождении тока расплавляется и образуется дуга, которая вызывает воспламенение медленногорящего состава, от которого взрывается таблетка прессованного пороха, передающая детонацию патрону оксиликвита. Для удобства размещения детонаторов в шпурах они монтируются в полых деревянных брусках. По мнению французских специалистов оксиликвиты более безопасны в обращении, выделяют меньшее количество ядовитых газов, не гигроскопичны, дешевле аммонитов в два-три раза.

В табл. 49 дается сравнение отечественных и зарубежных ВВ, применяемых в подземных условиях.

Хлоратные и перхлоратные ВВ

Во Франции, США, Швеции и Японии находят применение хлоратиты и перхлоратиты. Для понижения чувствительности в их рецептуру вводят органические масла и углеводороды. Состав французских хлоратитов: № 5А — 77% NaClO_3 , 23% динитротолуола; № 8 — 90% NaClO_3 , 10% парафина; № 14а — 87,7% NaClO_3 , 4,3% динитротолуола, 7,9% парафина. Выпускаемые на основе перхлората аммония высокобризантные мощные водоустойчивые пластичные ВВ севрониты имеют состав: 31% перхлората аммония,

49. Сравнительные данные по отечественным и зарубежным предохранительным ВВ

Группа ВВ	За рубежом		В СССР	
	Название ВВ	Состав, %	Название ВВ	Состав, %
Аммониты для сухих забоев	Аммонит О, аммонит № 1 в (Бельгия, Франция), динафталиты (Франция), аммонит № 2 (Польша), динамон № 1 (Чехословакия)	Аммиачная селитра 77—92, нитропроизводные 12—21, древесная мука 0—4	Аммониты № 6, № 7 динафталит зерненный	Аммиачная селитра, нитропроизводные, древесная мука
Водоустойчивые аммониты	Только опытные составы (Франция, Англия)	Содержат стеараты, натрийкарбонат, симетилцеллюлозу и другие гидрофобиторы	Аммониты В-3, № 6ЖВ, № 7ЖВ, динафталиты П и ЖВ	Аммиачная селитра, нитропроизводные, древесная мука, гидрофобные добавки
Аммоналы	№ 30 (Франция) № 5 (Польша) аммонал (Англия)	Аммиачная селитра 75—83, тротил 9—21, алюминий 4—9	Водоустойчивые аммоналы ВА-2, ВА-4, ВА-8	Аммиачная селитра, тротил, алюминий, гидрофобные добавки

Продолжение табл.

Группа ВВ	За рубежом		В СССР	
	Название ВВ	Состав, %	Название ВВ	Состав, %
Мощные аммониты, содержащие гексоген, тэн	№ 21, № 31 (Франция)	Тэн 2,4—5, тротил 10—20, аммиачная селитра 75—78, алюминий 0—9	Скальные аммониты № 1, № 1ЖВ, № 2ЖВ	Аммиачная селитра, гексоген, тротил, алюминий, гидрофобные добавки
	20—92% динамиты, гремучий студень, алюмосодержащие динамиты (Швеция, Франция), специальные сорта (Англия)	Нитроэффиры 20—92, коллоидный хлопок 1—8, нитросоединения 0—15, селитры 0—60, древесная мука, алюминий	62%-ный динамит	Нитроэффиры, коллоидный хлопок, селитра, древесная мука
Нитроглицириновые порошкообразные ВВ с малым содержанием нитроэффиров	Донариты (ФРГ), коалиты (США), поларрокит (Англия), нитролиты (Швеция), ВВ № 8 (Польша)	Нитроэффиры 3—15, нитросоединения 0—15, аммиачная селитра 65—80, древесная мука 2—14, алюминий 0—7, прочие вещества 0—3	Малоплотный аммонит № 14	Нитроэффиры, аммиачная селитра, древесная мука, натровая селитра

Продолжение табл.

Группа ВВ	За рубежом		В СССР	
	Название ВВ	Состав, %	Название ВВ	Состав, %
Хлоратные и перхлоратные ВВ	Перхлоратиты (ФРГ), севрониты (Бельгия), террит (Швеция), карлиты (Япония)	Хлораты и перхлораты калия или аммония 40—75, нитроэферы 0—42, нитросоединения 0—30, алюминий, ферросилиций 0—3, древесная мука 0—5, масла 0—18	Нет	Нет
Пластичные безнитроглицериновые ВВ. Простейшие ВВ	Севронит № 7 (Бельгия) иматрекс, снотрекс (Швеция, Финляндия)	Хлорат натрия 31, тэн 48, пластификатор 18, хлорноватокислый калий 95, дизельное топливо 5; хлорат натрия 72, дизельное топливо 9, СМС-2.	Гексоит (опытный)	Гексоген, веретенное масло, прочие вещества
Оксиликвиты	Франция		Нет	—

48% тэна, 18% пластификатора, 3% алюминия; № 2 — 42% перхлората аммония, 42% тэна, 16% пластификатора.

На открытых горных работах за рубежом применяют аммониты, динамиты, тротил, в небольшом количестве оксидиквиты. Широкое распространение получили простейшие ВВ в виде смеси аммиачной селитры с горючими добавками, приготовляемые как заводским способом, так и на месте производства работ.

На американских карьерах при взрывании крепких обводненных пород применяется полужелатиновый динамит EP-152 диаметром патронов 152,4 мм (вес 15,8 кг); 140 мм (вес 13,6 кг), 102 мм (вес 6,8 кг) и др. Пространство между патроном и стенкой скважины обычно заполняется гранулированным тротилом марки EP-158.

Для взрывания пород средней крепости широко применяются простейшие ВВ. Первоначально это была смесь 94,4% аммиачной селитры и 5,6% газовой сажки (экремайт), упакованная в поливиниловые мешки, которыми заряжались скважины. В настоящее время вместо таких смесей применяют смеси аммиачной селитры с жидкой горючей добавкой. Смешивание компонентов может производиться непосредственно на рабочей площадке уступа около заряжаемой скважины или непосредственно в скважинах. В первом случае горючая добавка вливается в каждый отдельный мешок с селитрой, где перемешивается, затем смесь засыпается в скважину.

Во втором случае в устье скважины вставляется воронка, в которую одновременно высыпается селитра и заливается горючая добавка (нефть, мазут, дизельное масло и др.). Имеются

также специальные зарядные агрегаты, механизующие процесс смешивания компонентов и засыпку в скважину. Такие ВВ применяют как самостоятельные (в породах средней крепости), так и в качестве вспомогательных при взрывании крепких пород (нижняя часть скважины заряжается более мощным ВВ, верхняя — смесью селитры с горючим).

Комбинированное зарядание скважин применяется при взрывании обводненных пород; в этом случае в нижнюю часть скважины помещают водоустойчивое ВВ. Ввиду того, что 2%-ная смесь селитры с горючим более чувствительна к начальному импульсу, ее часто применяют в небольшом количестве для инициирования основного заряда, состоящего из 5—6% смеси.

Поскольку многочисленными опытами установлено, что ВВ с жидким горючим, приготовленные на основе мелкокристаллической селитры, имеют значительно большую скорость детонации, чем состав на основе гранулированной селитры, в последнее время в некоторых странах наблюдается тенденция перехода на заводской способ изготовления простейших ВВ.

ВВ заводского изготовления имеют большую плотность, так как в этом случае применяется более плотная кристаллическая селитра, специально обработанная противослеживающими добавками. Такие ВВ носят общее название «премикс».

В Англии было применено несколько видов патронированных ВВ для открытых горных работ на базе аммиачной селитры с твердыми горючими добавками — сандерит, сейсмекс в оловянной упаковке; проходило испытание так называемое

нобелевское ВВ № 999, представляющее собой также смесь селитры с сухими горючими добавками, упакованная в поливиниловые мешки. Такие патроны можно применять и при наличии воды в скважине. Однако наиболее рациональной горючей добавкой в Англии считают дизельное масло.

Сравнение взрывных свойств некоторых зарубежных ВВ для открытых работ приведено в табл. 50.

50. Сравнение взрывных свойств смеси селитры с горючими с некоторыми другими ВВ

Показатель	Взрывчатое вещество			
	Смесь селитры с дизельным топливом	Карьерный гелигнит	Нобелит	Нобелит Н
Весовая мощность* (% от гелигнита)	65—80	85	81	90
Объемная мощность**, %	41—51	82	55,5	65
Скорость детонации	3500—4000	5700	4500—5000	5000
Плотность, кг/дм ³	0,8—1,0	1,45	1,03	1,08

* В США и Англии весовой мощностью обозначают отношение мощности (в %) единицы веса ВВ к мощности взрывчатой желатины такого же веса.

** Объемной мощностью обозначают процентное отношение единицы объема ВВ к мощности такого же объема взрывчатой желатины.

Для приготовления взрывчатых смесей в Англии применяют в основном два сорта аммиачной селитры: труднослеживаемая кристаллическая «Нобел Груде» и гранулированная «Нобел Агент 126», также обрабатываемая противослеживающими агентами. Кроме того, к этой селитре добавляют небольшой процент адсорбирующего материала для адсорбции жидкого горючего на поверхности гранул. В США применяется стандартная гранулированная селитра «Приллед» объемным весом $0,8 \text{ кг/дм}^3$, а при заводском способе приготовления — кристаллическая селитра.

В США, Канаде, Швеции и некоторых других странах для зарядки нижней части скважин применяют так называемое жидкое ВВ, представляющее собой смесь водного раствора аммиачной селитры с тротилом в соотношении: 20% воды, 60% селитры и 20% тротила. Для придания бóльшей вязкости в указанную смесь вводится специальная добавка. Поскольку плотность заряжения таким ВВ увеличивается до 1,4, достигается значительное повышение эффективности взрыва.

Средства беспламенного взрывания

За рубежом широкое применение находит отбойка угля патронами кардокс, патронами с сухими зарядами и с помощью сжатого воздуха. Патроны кардокс применяют в США (более чем на 200 шахтах), Англии (более 2,5 млн. взрываний в год), Бельгии, ФРГ, Польской Народной Республике (шахты «Вжензе» и «Силезия») и Чехословакии. Характеристика патронов кар-

докс, наиболее широко применяемых в США, приведена в табл. 51.

51. Характеристика американских патронов кардокс

Тип патрона	Габариты, мм		Заряд углекислоты в патроне	Срезающийся диск				Максимальный вес нагревательного элемента, г	
	длина	диаметр		Материал	Калибр	Площадь диска, на которую оказывается давление, мм ²	Минимальное давление, необходимое для разрыва диска, кг/см ²	Состав № 1	Состав № 2
2—50	880	51	675	Листовое железо	14	574	790	60	50
					12	574	1030	80	80
2—80	1184	51	1075	Листовое железо	10	574	1340	100	80
					14	574	790	80	60
2—100	1489	51	1425	То же	12	574	1030	100	100
					10	574	1340	110	110
231—130	1514	59	1800	Стальная лента	14	574	790	110	110
					12	574	1030	110	110
3—200	1340	76	280	То же	10	574	1340	110	110
					12	865	690	160	140
					12	950	570	160	
					10	865	890	180	180
					10	950	760	180	
					8	865	1050	180	180
3—200	1340	76	280	То же	8	950	960	180	
					12	1540	300	220	
					10	1540	380	220	
					8	1540	500	220	

Разрядная головка американского патрона кардокс имеет скошенные выхлопные отверстия, благодаря чему при выходе углекислого газа из патрона он за счет реактивной силы удерживается в шпуре.

Нагревательный состав № 1 для американских патронов готовится в виде смеси 84—88% перхлората калия, 11—15,5% древесного угля и 0,5—1% машинного масла; в составе № 2 вместо перхлората калия применяется хлорноватокислый натрий. Патроны в США выдерживают до 750 и более взрываний. В английской угольной промышленности наиболее широко применяются патроны кардокс типа В37 со следующей характеристикой:

Внешний диаметр, мм	31,6—63,6
Длина, мм	458—1650
Заряд углекислоты, г	113—2710
Толщина срезающих дисков, мм	3—5,15
Развиваемое давление при разряде, кг/см ²	1130—2470

Нагревательный элемент английских патронов кардокс состоит из смеси нафталина и хлората калия, запаянный в гильзу из бумаги. В эту гильзу вставляется воспламенитель с мостиком накаливания. Характерной особенностью нагревательного элемента является то, что он воспламеняется только при давлении в патроне не менее 80 кг/см². В отличие от американских английские патроны снабжены упорами, которые откидываются под напором газа, выходящего из гильзы через отверстия, и упираются в стенки шура, препятствуя выбросу. В Чехословакии наибольшее распространение получили патроны типа В37 для очистных забоев и патроны С74 для подготовительных забоев. Данные о некоторых патронах кардокс, применяемых в Чехословакии, приведены в табл. 52.

52. Характеристика патронов кардокс, применяемых

Параметры	Тип пат		
	В.20	В.37	1P-2S
Диаметр, мм	44,5	44,5	50,8
Длина, мм	686	1118	814
Вес, кг	5,45	8,17	6,82
Вес заряда углекислоты, г	227—340	558—652	510—680
Толщина сре- зывающегося диска, мм	2,78—3,66	2,78—3,66	2,4—3,6
Тип нагрева- тельного элемен- та	Д45 или Д62,5	Д62,5 или Д77,5	Д45 или Д62,5
Развиваемое давление, кг/см ²	1890—2362	1890—2362	1102—1655
Диаметр шпу- ра, мм	50,8	50,8	57,1
Вес нагрева- тельного эле- мента	45; 62,5	62,5; 77,5	45; 62,5

В табл. 53 приведена характеристика трех типов патронов кардокс, применяемых в Польской Народной Республике.

На шахтах Бельгии применяются в основном патроны кардокс типа В37, а на шахтах Федеративной Республики Германии — два типа В37 и F37.

Ниже приводится характеристика патрона типа F37:

Длина патрона, мм	1240
Диаметр патрона, мм	51
Вес заряженного патрона, кг . .	13,5

на шахтах Чехословакии

рона			
IP-2	C.74	LP 2 $\frac{1}{2}$	LP 2 $\frac{1}{2}$ L
50,8 1245 9,54	63,5 1092 16,8	63,5 1142 15,0	63 1620 27
1134—1275	1134—1275	1474—1814	2700
2,4—3,6	3,2—4,7	3,2—4,7	3,2—4,8
Д62,5 или Д77,5	Д77,5 или Д120	Д77,5 или Д120	—
1102—1655	1260—1890	1102—1655	1125—1680
57,1	71,4	71,4	—
62,5; 77,5	77,5; 120; 145	77,5; 120	90; 160

Вес заряда углекислоты, г	825
Вес нагревательного элемента, г	115
Толщина срезающего диска, мм	5,2
Давление газа, при котором раз- рывается диск, кг/см ²	2700—2900

Металлические патроны с сухими зарядами.
Сложность применения патронов кардокс, связанная с производством углекислоты и необходимостью зарядки патронов на поверхности, послужила толчком к созданию сухих порошко-

образных зарядов, которые при взрыве давали бы много газообразных продуктов.

53. Характеристика патронов кардокс, применяемых в Польской Народной Республике

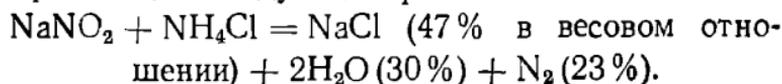
Длина патрона, мм	Диаметр, мм	Вес незаряженного патрона, кг	Средний вес углекислоты, кг	Вес заряженного патрона, кг
945	51,0	6,1	0,6	6,7
1240	51,0	7,7	1,0	8,7
1540	51,0	9,7	1,25	10,95

Такие патроны, заряжаемые вместо углекислоты порошкообразным химическим составом, в Англии были названы гидроксом (табл. 54).

54. Характеристика английских патронов гидрокс

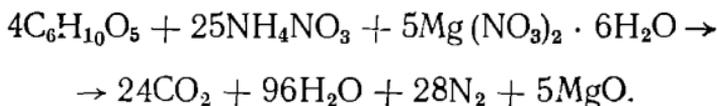
Марка	Длина, мм	Наружный диаметр, мм	Вес, кг	Вес заряда, кг	Теоретическое давление, необходимое для разрыва диска, кг/см ²
B.37	915	44,5	8,15	180	1830
F.57	1270	50,8	12,7	230	1830
C.74	1090	63,5	16,75	300	1410
LP2.5L	1675	63,5	19,0	420	1270

Английский порошкообразный заряд гидрокс весом 380—480 г состоит из смеси 55,25% нитрата натрия (NaNO₂), 43,25% хлористого аммония (NH₄Cl) и 1,5% жженой магнезии (MgO). После воспламенения этого заряда в патроне происходит следующая реакция:



Заряд в 380 г дает около 200 л газов.

Давление, развиваемое в патроне, составляет 1800—2300 кг/см². В дальнейшем был разработан взрывобезопасный воспламенительный и не дающий пламени основной заряд, состоящий из 45,7 — 50,5% аммиачной селитры, 33—36% гексагидрата нитрата магния и 14—16% древесной муки. При воспламенении этого основного заряда реакция протекает по следующему уравнению:



Заряд в упакованном виде имеет длину 51 см и диаметр 30 мм, перезаряджение патронов производится непосредственно у забоя.

В США аналогичные патроны с сухим зарядом получили название хемикол. Заряд его весом 600 г упакован в гильзу диаметром 25,4 мм и длиной 1016 мм. В заряд вводится воспламенитель с нихромовым мостиком накаливания. Образующиеся от взрыва газы на 60% состоят из паров воды, азота и углерода.

Отбойка угля патронами с применением сжатого воздуха. Отбойка угля сжатым воздухом получила наибольшее распространение в США, Англии; во Франции добыча угля этим способом составляет около 2%.

Для производства сжатого воздуха в США применяют компрессоры с пятью или шестью ступенями сжатия; в последнем, имеющем наибольшее распространение, ступени сжатия распределяются следующим образом: 2,5; 9,0; 29; 81,0; 246 и 700 кг/см². Отбойка угля сжатым воздухом

и патронами кардокс в 1957 г. велась на 223 шахтах.

В последнее время американской фирмой «Армстронг» выпускается оборудование для отбойки угля сжатым воздухом с передвижными компрессорами, смонтированными на вагонеточной тележке, а также с полуразборными и стационарными компрессорными установками упрощенной конструкции. Этой фирмой выпускается также более мощный патрон со срезывающим диском, преимуществом которого является отсутствие движущихся частей. Чтобы ускорить отбойку, на некоторых зарубежных шахтах стали вводить специальные распределители, с помощью которых можно последовательно взрывать несколько патронов эрдокс (вместо одного при обычной схеме отбойки). В Англии к концу 1959 г. в работе находились 84 установки для отбойки угля сжатым воздухом, причем только в течение 1959 г. их было внедрено свыше 40.

Гидравлические патроны. Действие гидравлических патронов основано на механическом принципе разрушения угля. Из числа наиболее удачных конструкций следует отметить взрыватель английской фирмы «Галлик». Этот гидравлический взрыватель состоит из насоса, соединительного шланга и патрона, вводимого в шпур. Патрон представляет собой стальную трубку с внутренними перегородками, разделяющими трубку на камеры для маленьких телескопических поршней. Эти поршни под давлением воды до 1195 кг/см^2 вдавливаются в массив угля и разрушают его. Кроме Англии, гидравлические отбойные патроны начали применяться в ФРГ.

Детонирующие реле, применяемые за рубежом. В практике взрывных работ за рубежом применяют несколько видов одно- и двухсторонних реле. Двухстороннее английское реле ICI основано на принципе пневматического гашения детонации. Замедляющая смесь помещается в две гильзы, соединенные эластичной трубкой; в противоположные концы гильз вставляются отрезки детонирующего шнура. Под воздействием детонации срабатывает капсюль, поджигающий замедляющий состав, при горении которого происходит быстрое сжатие воздуха в эластичной трубке; за счет ее деформации предотвращается резкое повышение давления. После поджигания второго столбика замедлителя срабатывает капсюль и второй конец детонирующего шнура.

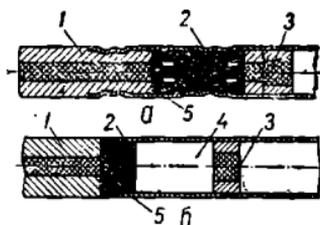


Рис. 14. Детонирующее реле одностороннего действия:

а — гаситель детонации из эластичного материала; *б* — гаситель детонации из твердого материала; 1 — детонирующий шнур; 2 — гаситель; 3 — замедляющая смесь; 4 — воздушный промежуток; 5 — металлическая гильза.

В Канаде разработаны реле, в которых вместо эластичной трубки установлен свинцовый цилиндр, служащий замедляющим элементом. В этом цилиндрике имеется спиральный капсюль, заполненный замедляющей смесью из кремния и двуокиси свинца в соотношении 3 : 7. Интервал замедления этого реле составляет 15 мсек.

В Чехословакии изготавливаются односторонние реле (рис. 14), в которых гашение детонации достигается с помощью цилиндрика из эластично-

го или твердого материала с запальными клапанами. Проходя через них, детонационная волна

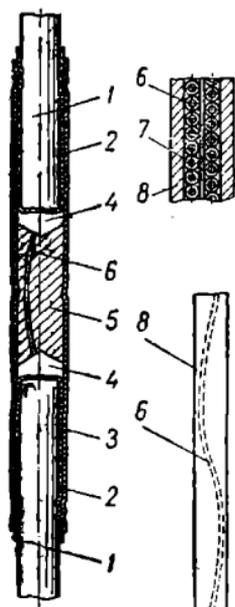


Рис. 15. Двухстороннее детонирующее реле канадской конструкции.

1 — детонирующий шнур; 2 — гильза; 3 — соединительная трубка; 4 — взрывчатое вещество; 5 — замедляющий элемент; 6 — замедляющая смесь; 7 — свинцовая трубка; 8 — свинцовая оболочка.

теряет давление и замедляется передача детонации замедляющему составу, изготовленному из теразена, ТНРС (тринитроресорцинат свинца), сурика и силицида кальция. Такие реле позволяют получать замедления 20—30 мсек с малым разбросом.

В детонирующем реле канадской конструкции (рис. 15) эластичная трубка заменена свинцовым цилиндром. Концы детонирующего шнура у этого реле входят в гильзы, соединенные трубкой. Пространство между дном гильз и замедляющим элементом заполнено взрывчатым веществом. Замедляющий элемент выполнен в виде свинцового цилиндрика со спиральным каналом, заполненным замедляющей смесью из кремния и двуокиси свинца в соотношении 3 : 7.

Изготовление замедлителя осуществляется следующим образом: берется свинцовая трубочка, наполняется замедляющей смесью и в холодном состоянии вытягивается до необходимого диаметра. Затем эта трубка со смесью навивается кольцами на стальной сердечник, который

заменяется свинцовым, и все вместе запрессовывается в свинцовую оболочку. Последняя в свою очередь вытягивается до определенных размеров и разрезается на отрезки, соответствующие периоду замедления.

Другие зарубежные страны выпускают детонационные реле с замедлением: DAG (ФРГ) — 20 и 40 мсек; Дироп (США) — 17 мсек и т. д.

В качестве средств взрывания в зарубежных странах применяют капсули-детонаторы, электродетонаторы мгновенного и замедленного действия.

В настоящее время в Англии выпускают 15 номеров электродетонаторов короткозамедленного действия.

Первые четыре ступени имеют интервал между ступенями 25 мсек (25; 50; 75; 100 мсек), остальные номера выпускаются с интервалом 50 мсек. В США и Канаде электродетонаторы выпускаются свыше 20 ступеней с паузами 9; 16; 25 и 40 мсек. В других странах имеются электродетонаторы с интервалом замедлений 34 и 70 мсек с количеством ступеней для каждого интервала от 3—5 до 10—15.

Венгерская промышленность выпускает серию электродетонаторов короткозамедленного действия типа MSG с замедлением 9; 27; 50; 75; 105 мсек для шахт, опасных по газу и пыли, 10 ступеней с интервалом замедлений 25—50 мсек; электродетонаторы ВІЕГ/0,1 с девятью ступенями с интервалом замедления 0,1 сек (от 0,2 до 1,0 сек), ВІЕГ/0,5 с восемью ступенями от 1,5 до 5 сек с интервалом 0,5 сек и пять ступеней секундных электродетонаторов ВІЕГ/1 от 6 до 10 сек.

55. Электродетонаторы короткозамедленного действия, выпускаемые некоторыми зарубежными фирмами (по данным А. И. Лурье)

Фирма	Число ступеней замедления	Интервал между замедлениями
Динамнт (ФРГ)	18	30—34
Шафлер (Австрия)	12	40
И. К. И. (Англия)	15	25, 50, 75
	15	25—65
Динамнт (Италия)	8	25 и 50
Геркулес (США)	12	25, 35 и 40
Дюпон (США)	19	25, 50, 100
Атлас (США)	16	8, 17, 25, 50

56. Характеристика детонаторов, применяемых на шведских рудниках

Тип детонатора	Время замедления				Электрическая характеристика			
	С миллисекундным замедлением		Замедленного действия		Минимальный ток, а		Минимальное напряжение на концах проводника, при котором может произойти инициирование	Взрывной импульс a^2 , мсек
	Номер ступени	Интервал замедления между ступенями, мсек	Номер ступени	Интервал замедления, мсек	при котором может произойти инициирование	гарантийный		
E	0—4	25	0—12	500	0,3	1,0	0,4	3,5
	4—13	50			0,3	1,0	0,4	3,5
	13—17	100			0,3	1,0	0,4	3,5
	17—18	600			0,3	1,0	0,4	3,5
S	1—4	10	0—15	500	0,3	1,0	0,4	3,5
	4—20	14			0,3	1,0	0,4	3,5
T	0—18	30	0—12	500	0,3	1,0	0,5	1,0
VA	0—20	25	0—15	500	1,3	2,5	4,5	115
HU	0—18	30	0—12	500	4,3	35	2,1	1600

В Чехословакии выпускаются электродетонаторы короткозамедленного действия марки ДеМ с 18 ступенями замедления при номинале замедления 23 мсек; электродетонаторы марки ДеР шести ступеней замедления с номиналом 0,5 сек

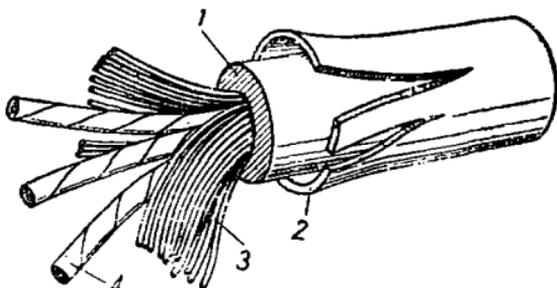


Рис. 16. Быстрогорящий огнепроводный шнур.

1 — горячая смесь; 2 — оболочка из пластмассы; 3 — тонкие хлопчатобумажные нити; 4 — бумажные нити, покрытые пороховой пастой.

и марки ДеД, имеющих 10 (кроме нулевой ступени) ступеней замедления по 0,25 сек (от 0,25 до 2,5 сек).

В табл. 55 приведены данные по некоторым зарубежным электродетонаторам короткозамедленного действия, а в табл. 56 — характеристика ЭДКЗ, применяемых в шведской горной промышленности.

На некоторых зарубежных рудниках находит применение быстрогорящий огнепроводный шнур (со скоростью горения до 30 см/сек). Этот шнур (рис. 16), будучи использован в качестве магистрального, позволяет сократить общий расход огнепроводного шнура. Кроме того, благодаря быстрому сгоранию, уменьшается опасность воспламенения горючих материалов (крепежного леса и др.).

Воспламенение такого шнура осуществляется либо обычным способом от зажигательного шнура-

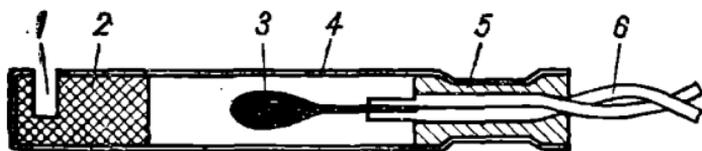


Рис. 17. Электрозажигатель огнепроводного шнура:
1 — щель для шнура; 2 — зажигательный состав; 3 — воспламенитель; 4 — медная гильза; 5 — пластматная пробочка; 6 — проводники.

ра, либо электрическим способом при помощи специальных электрозажигателей (рис. 17). По-

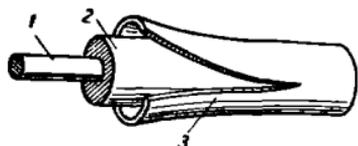


Рис. 18. Медленногорящий огнепроводный шнур:
1 — медная проволока; 2 — горящий состав; 3 — оболочка из пластмассы.

следний представляет собой медную гильзу, в которую с одного конца помещен зажигательный состав, а с другой стороны введен электровоспламенитель. Со стороны зажигательного состава имеется щель для шнура.

На рис. 18 показана конструкция медленногорящего шнура (со скоростью горения $2,5 \text{ см/сек}$), применяемого на золотых рудниках Южной Африки при проходе подготовительных выработок.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ _____

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Зарядом называется определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву (табл. 57).

Пространство, предназначенное для размещения заряда внутри разрушаемого объекта, называется зарядной камерой (табл. 58). При взрывных работах по горным породам для этой цели пробуриваются шпуры, скважины, проходятся специальные выработки.

Необходимый объем зарядных камер для сосредоточенных зарядов определяется по формуле

$$V_{\text{зар}} = \frac{Q}{\Delta} K_V,$$

где $V_{\text{зар}}$ — объем зарядной камеры, м^3 ;

Q — вес заряда ВВ, t ;

Δ — плотность ВВ в заряде, $t/\text{м}^3$;

K_V — коэффициент, зависящий от способа крепления зарядной камеры и условий заряжания (табл. 59).

Классификация методов взрывных работ по задаче, поставленной перед взрывом, приведена

57. Классификация зарядов взрывчатых веществ (по Г. П. Демидюку)

Принцип классификации	Заряд	Характеристика заряда
По форме заряда	Сосредоточенный	<p>Заряд имеет форму, близкую к шару, и удовлетворяет требованию</p> $K_c = \frac{0,62 \sqrt[3]{V_Q}}{R} \geq 0,41,$ <p>где K_c — коэффициент сосредоточенности заряда; V_Q — объем заряда, м³; R — расстояние от центра заряда до наиболее удаленной точки на его поверхности. Требование $K_c \geq 0,41$ удовлетворяют заряды в форме цилиндра, высота которого не превышает 4—5 диаметров, и прямоугольного параллелепипеда, высота которого не больше чем в 5 раз превышает сторону основания</p>
По построению заряда	Удлиненный	<p>Заряд в форме цилиндра или прямоугольной призмы, у которых высота больше чем в 5 раз превышает поперечник ($K_c < 0,41$)</p>
	Сплошной (непрерывный)	<p>Масса ВВ в заряде не разделена промежутками на отдельные части</p>
	Рассредоточенный ярусный или прерывный	<p>Заряд состоит из отдельных частей (ярусов), разбеденных друг от друга значительными промежутками из воздуха или какой-либо инертной среды</p>

Продолжение табл.

Принцип классификации	Заряд	Характеристика заряда
По способу приложения к взрываемому объекту	Внутренний	Заряд помещен внутри объекта, подвергаемого воздействию взрыва
	Наружный или накладной	Заряд помещен на поверхности разрушаемого объекта
По степени замкнутости	Замкнутый	Заряд находится внутри взрываемой среды и отделен от наружной атмосферы материалом, оказывающим сопротивление давлению газов взрыва
	Полузамкнутый	Заряд находится внутри взрываемой среды, но газы взрыва имеют свободный выход в атмосферу
	Открытый (незамкнутый)	Заряд только одной стороной примыкает к разрушаемому объекту, а другими граничит с атмосферой

58. Классификация зарядных камер

Наименование	Характеристика
Шпур	Искусственное цилиндрическое углубление в горной породе, имеющее диаметр до 75 мм и длину до 5 м
Скважина	Искусственное цилиндрическое углубление в горной породе, имеющее диаметр более 75 мм при любой длине или длину более 5 м при любом диаметре
Котловой шпур (скважина)	Шпур (скважина) с расширенной донной частью для помещения сосредоточенного (котлового) заряда

Продолжение табл.

Наименование	Характеристика
Рукав	Горизонтальная или наклонная горная выработка сечением от $0,2 \times 0,2$ м до $0,5 \times 0,5$ м и длиной до 5 м, конечный участок которой предназначен для размещения зарядов
Шурф (минный колодец)	Вертикальная горная выработка сечением не менее 1×1 м, имеющая выход на земную поверхность
Штольня (минная штольня)	Горизонтальная горная выработка сечением не менее $1 \times 1,5$ м, имеющая выход на земную поверхность

59. Значения коэффициента K_V

Заряжание	Крепление камеры		
	без крепления	вразбежку	всплошную
Порошкообразными ВВ насыпью	1,1	1,3	1,45
ВВ в мешках или ящиках	1,3	1,6	1,8

60. Классификация методов взрывных работ по задаче, поставленной перед взрывом (по Г. П. Демидюку)

Метод	Характеристика метода и область применения
Взрывание на выброс	Порода дробится и выбрасывается взрывом на оба борта выемки. Применяется для образования въездных траншей при вскрытии месторождений полезных ископаемых в равнинных условиях, а также для образования котлованов, траншей и канав в процессе строительства
Односторонний выброс	Порода дробится и при помощи опережающего взрыва вспомогательных зарядов, создающих дополнительную от-

Продолжение табл.

Метод	Характеристика метода и область применения
Взрывание на сброс	<p>крытую поверхность, в преобладающем объеме направленно выбрасывается на нерабочий борт траншеи. Применяется при вскрытии месторождений для образования разрезных траншей</p> <p>Порода дробится и силой взрыва выбрасывается в выработанное пространство или лощину, обнажая полезное ископаемое или образуя полку в косогорных условиях</p> <p>Порода дробится и при наличии двух противоположно направленных л. н. с. сбрасывается в лощины или на склоны возвышенности. Применяется при вскрытии нагорных месторождений полезных ископаемых, когда покрывающие породы образуют хребтовидную часть возвышенности.</p>
Взрывание на рыхление (дробление) горных пород	<p>Предварительное рыхление (дробление) взрывом для последующей экскавации при проходке траншей на открытых горных разработках и в строительстве.</p> <p>Предварительное рыхление (дробление) взрывом покрывающих пород вскрышных уступов с обрушением на рабочую площадку для последующей экскавации. Дробление горных пород и их отрыв по контуру выработки при проведении подземных горных выработок. Отбойка полезных ископаемых с дроблением их при подземной и открытой разработках</p>
Взрывание для уплотнения горных пород	<p>Проведение горных выработок, преимущественно вертикальных, в мягких и пластичных породах взрывами удлиненных (допустимо ярусных) зарядов в скважинах. Взрыв расширяет скважину до необходимого сечения выработки за счет уплотнения окружающей породы</p>

61. Классификация методов взрывания зарядов ВВ по их виду и способу заложения (по Г. П. Демидку)

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
Метод котловых зарядов	Сосредоточенный заряд размещается в котлообразном расширении забойной части шпура или скважины, образованном повторным взрыванием небольших зарядов (простреливанием)	Рыхление вскрышных уступов, отбойка полезных ископаемых при высоте уступов до 10—12 м и угле откоса 50—80°. Применяется в хорошо дробящихся породах мягких, средних и выше средней крепости, а также в породах с естественными отделилостями, размеры которых близки к кондиционным. Взрывание на выброс и сброс в мягких и пластичных, хорошо простреливаемых породах. При проходке мягких пород, минных шурфов — для образования в нижней части шурфа котлового уширения (минной камеры).

Сосредоточенные заряды

В подземных условиях — при про-
ходке выработок с применением
котлового вруба

Сосредоточенный заряд размещает-
ся в забойной части рукава, про-
ходимого по мягкой прослойке в
толще уступа высотой до 7 м,
предельная глубина рукава 5 м

Метод рукавов
(минных камерных
зарядов)

Разработка уступов, сложенных хо-
рошо дробимыми породами или
породами, размеры естественных
отдельностей которых соответ-
ствуют кондиции. Угол уступа
в пределах $35-80^\circ$. Разработка
небольших месторождений, нося-
щая временный характер. Подра-
ботка и выравнивание нижней
части уступа

Рыхление горных пород для после-
дующей экскавации при разра-
ботке траншей и выемок глуби-
ной 5—10 м

Сосредоточенный заряд, размещен-
ный в камере, примыкающей к
забойной части шурфа
Одновременное взрывание серии за-
рядов, расположенных в один или
несколько рядов, параллельных
оси выемки, по всей ее длине

Метод камерных
зарядов

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
	<p>То же, одновременное взрывание серии зарядов, расположенных в один-два ряда по длине выемки</p> <p>То же, взрывание зарядов средних рядов относительно зарядов крайних рядов при количестве рядов свыше двух</p> <p>То же, последовательное взрывание двух рядов зарядов с замедлением основных зарядов относительно вспомогательных</p> <p>То же, одновременное взрывание ряда зарядов, параллельных линии уступа, или последовательное взрывание с замедлением двух рядов зарядов, параллельных линии уступа</p>	<p>Взрывание на двухсторонний выброс для образования выемок</p> <p>Взрывание на двухсторонний выброс для образования выемок относительно большой ширины</p> <p>Взрывание на односторонний направленный выброс при вскрытии месторождения</p> <p>Взрывы на сброс покрывающих пород</p>

Сосредоточенные заряды, размещаемые в камерах Т-образных или Г-образных горизонтальных подготовительных выработок

Отбойка полезных ископаемых на земной поверхности при высоте уступов 10—30 м и породах хрупкой дробимости; угол откоса 60—80°. Л. н. с. зарядов от 0,33 (в породах, дробящихся при обрушении, например, с вертикальной столбчатой структурой) до 0,8 высоты забоя (в породах с естественной отдельностью, соответствующей кондиции)

То же, двухрядное расположение зарядов

То же, угол откоса уступа в пределах 40—60°

Сосредоточенные заряды в камерах при подземной разработке рудных месторождений

Отбойка в очистных камерах при системе разработки, называемой системой с минной отбойкой:

- а) секционная отбойка (при двух обнаженных поверхностях взрываемого массива);
- б) послонная отбойка (при выемке весьма мощных залежей)

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
Метод шпуровых зарядов	<p style="text-align: center;">Удлиненные заряды</p> <p>Заряды ВВ размещаются в горизонтальных, вертикальных, наклонных или восстающих шпурах, заполняя 0,1—0,75 глубин их</p>	<p>Для дробления руды при выемке междукламерных целиков. Для обрушения потолочин. Для выемки междуэтажных целиков. Погашение подземных пустот</p>
		<p>Проведение горизонтальных, вертикальных, наклонных и восстающих выработок ограниченного сечения. Отбойка полезного ископаемого на открытых горных работах при небольшой (до 5 м) высоте уступа и необходимости хорошего дробления породы. Отбойка полезных ископаемых в подземных условиях при очистной выемке почвоуступным или потолкоуступным забоем, а также сплошным забоем</p>

Метод скважинных зарядов	Заряды в вертикальных шпурах диаметром 25—32 мм	Дробление негабаритных камней и валунов
	Заряды в вертикальных или наклонных скважинах глубиной свыше 5 м, диаметром 75—300 мм	Предварительное дробление твердых пород для последующей экскавации при проходке траншей
	То же, глубина скважин на 0,5—2 м превышает высоту уступа	Уступная отбойка полезных ископаемых или покрывающих твердых пород при углах уступа 75—90° на открытых разработках
	Заряды в наклонных скважинах глубиной свыше 5 м, диаметром 75—300 мм. Скважины параллельны поверхности уступа	Уступная отбойка при углах откоса 50—80° на открытых разработках
	Заряды в наклонных восстающих скважинах глубиной свыше 5 м, диаметром 75—90 мм. Скважины расположены веерообразно	Уступная отбойка при углах откоса 65—85° на открытых разработках

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
	<p>Заряды в скважинах глубиной до 40—50 м, диаметром 65—130 мм. Скважины — вертикальные, горизонтальные, восстающие, режущие, распадающиеся, скважины относительно друг друга — параллельные или веерные</p>	<p>Отбойка руды в очистных выемках подземных разработок:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) вертикальными слоями в очистных камерах; б) горизонтальными слоями; в) наклонными слоями <p>Отбойка руды при выемке междокамерных целиков, обрушении потолочных и междуэтажных целиков</p> <p>При производстве камерных нарезных работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) при подсечке блоков и панелей; б) при проведении отрезных и разрезных щелей; в) для разделки выпускных воронок

Метод уплотняющих скважинных зарядов	Удлиненный заряд помещается в вертикальной, горизонтальной или наклонной скважине глубиной, равной требуемой глубине шурфа	Проходка разведочных лесоспускных, вентиляционных шурфов, людских ходков, минных шурфов, шахт под фундаментами сооружений и других вертикальных выработок в пластичных породах. Проходка горизонтальных и наклонных выработок в этих условиях
--------------------------------------	--	---

Комбинированные методы

Метод котловых и шпуровых зарядов	Сосредоточенный заряд размещается в котлообразной части шпура, удлиненные заряды — в котловом шпуре выше сосредоточенного заряда, а также в вертикальном или горизонтальном шпуре в верхней части уступа или вокруг котлового шпура	Рыхление вскрышных уступов, отбойка полезных ископаемых при высоте уступов до 5 м в труднодробимых породах. Образование вруба при проходке выработок
-----------------------------------	---	--

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
Метод котловых скважин	Сосредоточенный заряд в котлообразном расширении и удлиненный (сплошной или ярусный) в скважине	Рыхление вскрышных уступов, отбойка полезных ископаемых при высоте уступов 6—15 м и угле откоса уступа 65—75°
Метод вертикальных скважинных и подолпешенных шпуровых зарядов	Удлиненные заряды в вертикальных скважинах и подошвенных горизонтальных или наклонных шпурах	Отбойка полезных ископаемых при высоте уступа 10—15 м и угле откоса 70—80°. В нижней части уступа крепкие породы
Метод скважинных и малокамерных зарядов	Удлиненные заряды в вертикальных скважинах и сосредоточенные в рукавах по подошве	Рыхление вскрышных уступов, отбойка полезных ископаемых при неподработанном уступе и завывшенном сопротивлении по подошве

Продолжение табл.

Метод	Краткая характеристика метода	Условия применения
Метод камерных и скважинных зарядов	Для улучшения дробления верхней части уступа при взрывании методом камерных зарядов дополнительно применяются удлиненные заряды в вертикальных скважинах	То же, как и метод камерных зарядов, но в труднодоступных породах
Наружные (накладные) заряды		
Метод наружных (накладных) зарядов	Заряды ВВ располагаются на поверхности взрываемого массива или укрепляются на шесте и подаются в рудоспуск к месту затора. Разрушение действием ударной волны	Дробление валунов и негабаритных камней на открытых горных работах и в подземных условиях (на горизонте грохочения). При подземных разработках непосредственно в рудоспусках при выпуске руды (для ликвидации застреваний). При разработке руд системой слоевого обрушения — для посадки мата

**62. Показатели простреливаемости горных пород
(по данным ЦЭУ Союзвзрывпрома)**

Горная порода	Категория крепости пород по шкале ЕНВР—55	Показатель простреливаемости, $\text{дм}^3/\text{кг}$	
		Среднее значение	Пределы
Глина пластичная моренная	III	1110	900—1400
Глина черная юрская . .	IV	500	400—600
» моренная	IV	330	220—530
» желто-бурая жирная	IV	250	220—270
» темно-красная жирная	IV	210	170—250
Мергель мягкий, сильно-трещиноватый	V	200	180—280
Мергель мягкий трещиноватый	VI	140	100—170
Глина ломовая темно-синяя	IV	120	100—150
Суглинок тяжелый, глина песчанистая	IV	110	70—190
Мел мягкий, известняк ракушечный	VI	45	35—65
Мергель средней крепости, доломит			
Мергелистый известняк мягкий сильнотрещиноватый	VI—VII	20	Большое рассеивание
Гипс плотный, мелкозернистый, сланцы глинистые, гранит сильнотрещиноватый, фосфориты средней крепости, силициты, известняки средней трещиноватости	VI—IX	7—10	3—15

Продолжение табл.

Горная порода	Категория крепости пород по шкале ЕНВР-55	Показатель простреливаемости, $дм^3/кг$	
		Среднее значение	Предел
Гранит средней трещиноватости, кварциты плотные железистые, кварциты плотные серые, апатитонелефиновая руда, известняк плотный, змеевики с включением асбеста, песчанник, доломит	VIII— XIII	4—7	2—10
Роговики, скарны, мрамор, гранитоид, кремьен пластовый, известняк крепкий, гранит крупнозернистый и среднезернистый; фосфориты крепкие, доломит крепкий, гипс мраморовидный крупнозернистый	VIII— XVI	2—4	0,2—5

в табл. 60, а классификация методов взрывания зарядов ВВ по их виду и способу заложения — в табл. 61 и 62.

Действие взрыва в горной породе

Если в горной породе заложить неглубоко от поверхности сосредоточенный заряд определенной величины, то при его взрыве образуется воронка. Радиус основания воронки (r) называется радиусом воронки взрыва, кратчайшее расстояние от центра заряда до поверхности — линией наименьшего сопротивления (л. н. с.), обозначаемое буквой w , и отношение радиуса воронки

к л. н. с. принято называть показателем действия взрыва n

$$n = \frac{r}{w} = 2\alpha.$$

Здесь 2α — угол раствора воронки взрыва.

Действие взрыва может быть внутреннее (или подземное), не сказывающееся на поверхности взрываемого объекта, т. е. не проявляющееся в форме видимого разрушения этого объекта на поверхности, и наружное, при котором происходит разрушение поверхности взрываемого массива.

На характер разрушения горной породы действием взрыва оказывают влияние такие факторы, как взрывчатые свойства ВВ, величина заряда, физико-механические свойства горной породы и расстояние от заряда до поверхности. В момент взрыва сосредоточенного заряда, помещенного в среду (горную породу), последняя испытывает жесткий удар газов взрыва, вызывающий в среде ударную (взрывную) волну сжатия, распространяющуюся во все стороны от центра заряда концентрическими шарообразными сферами. Под влиянием этой волны сжатия слои среды, расположенные непосредственно у заряда, подвергаются чрезвычайно сильному воздействию.

Характер деформаций в близлежащем слое среды (сфере сжатия или измельчения) зависит от физико-механических свойств среды: если последняя обладает свойством сжимаемости (глина, суглинки и др.), то образуется камера сжатия того или иного объема; при действии взрыва в скальных породах газы взрыва измельчают

их в той части среды, которая называется сферой измельчения.

В следующих слоях среды ударная волна производит отрыв и дробление породы. Сферу, в пределах которой взрывная волна способна разрушить окружающую среду, называют сферой разрушения (разрыхления). За пределами этой сферы ударная волна уже не в состоянии нарушить связь между частицами породы и производит только колебательное действие. Эту часть среды называют сферой сотрясения (колебания).

Многие специалисты придерживаются следующего распределения сфер действия взрыва заряда в однородной среде: сфера сжатия; сфера выброса (сфера, в пределах которой при наличии свободного выхода на поверхность ударная волна в состоянии не только разрушить, но и выбросить ее на некоторое расстояние); сфера разрыхления и сфера сотрясения. В практике горного дела имеет значение совокупность первых двух или трех сфер (она имеет общее название — сфера разрушения), в пределах которых разрушение породы является результатом совокупного действия ударной волны и газов взрыва.

При достижении радиусом взрыва открытой поверхности действие взрыва проявится на поверхности среды в виде той или иной деформации. По данным проф. Г. И. Покровского, в момент детонации давление газовых продуктов взрыва измеряется десятками и даже сотнями тысяч $кг/см^2$, т. е. в десятки, а то и сотни раз превышает временное сопротивление раздавливаю даже самых крепких горных пород. Поэтому вблизи расположенная порода раздавливается

и переходит в текучее состояние, а порода в соседних слоях сильно сжимается. Вслед за фронтом ударной волны среда начинает двигаться по радиальным направлениям, и в ней возникает ряд радиальных трещин, обусловленных растяжением среды в тангенциальном направлении.

Как только волна сжатия доходит до открытой поверхности, сжатая порода начинает расширяться и возникает волна разрежения, вызывающая в породе растягивающие напряжения; в породе появляются кольцевые трещины.

Поскольку сопротивление породы разрыву несравненно меньше, чем сжатию, волна разрежения производит значительно большие разрушения, чем волна сжатия.

В пластичной среде обратное центростремительное движение ее приводит к еще большему уплотнению сферического слоя вблизи места взрыва по периметру полости, так как этот слой будет работать как сферический свод.

Зону влияния удлиненного заряда в среде, обладающей свойствами сжимаемости, можно разделить на зону сжатия (полость) и зону уплотнения.

Зона уплотнения в свою очередь может быть разделена на несколько слабо разграниченных областей:

1. Зону пластического течения. Порода в пределах этой зоны претерпела весьма значительные деформации, так как она находилась под влиянием высоких давлений в текучем состоянии.

2. Зону пластических деформаций. Порода в этой зоне также характеризуется наличием значительных изменений основ-

ных показателей физико-механических свойств по сравнению с естественным состоянием*.

3. З о н у к а л ь м а т а ц и и. В этой зоне значительных структурных изменений не наблюдается, однако в грунте наблюдается резкое падение коэффициента фильтрации. Это объясняется тем, что в момент взрыва под влиянием большого давления вместе с водой (особенно при наличии в ней некоторого количества солей или иных электролитов) в направлении от центра заряда будут двигаться мельчайшие коллоиды в порах грунта. Эти частицы застревают в мелких порах грунта, закупоривают их, что приводит к резкому падению коэффициента фильтрации (кальматация грунта). Радиус этой зоны может достигать 50—100 м, величина зоны зависит от физико-механических свойств грунта, свойств ВВ и других факторов, которые еще недостаточно исследованы.

4. На определенном расстоянии от оси заряда зона кальматации переходит в зону упругих колебаний (сотрясения), которая характеризуется отсутствием структурных изменений грунтов.

В зависимости от величины показателя действия взрыва n заряды подразделяются на:

а) заряд нормального выброса, образующий воронку нормального выброса, когда $r = w$ и $\alpha = 45^\circ$,

$$n = \frac{r}{w} = 1;$$

* Размеры этой зоны, а также зоны сжатия определяются по формулам, приведенным на стр. 345.

б) заряд усиленного выброса, образующий воронку усиленного выброса, когда $r > \omega$,

$$n = \frac{r}{\omega} > 1;$$

в) заряд уменьшенного выброса, образующий воронку уменьшенного выброса, когда $r < \omega$,

$$n = \frac{r}{\omega} < 1.$$

При значениях $n < 0,75$ видимая воронка не образуется, порода в пределах воронки рыхления разрушена и вспучена, но остается на месте. Заряд, проявляющий такое действие, называется зарядом рыхления.

Заряд, взрыв которого вызывает на поверхности только колебание частиц среды без нарушения связи между ними, называется зарядом камуфлета.

Длина образующей воронки R называется радиусом наружного действия взрыва или радиусом взрыва.

Зависимость между радиусом взрыва заряда и глубиной его заложения может приближенно определяться по следующей формуле:

$$R = \omega_n + 0,4\omega,$$

где ω_n — нормальная глубина заложения заряда, т. е. такая глубина заложения, при которой получается воронка нормального выброса;

ω — глубина заложения заряда, для которой определяется значение R .

При взрыве заряда куски породы частично попадают обратно в воронку выброса, в связи

с чем глубина воронки уменьшается и видимая глубина воронки не совпадает с теоретической. При этом чем больше значение показателя действия взрыва n , тем больше породы разбрасывается за пределы воронки и, следовательно, тем ближе значения видимой и теоретической глубин воронки. Видимая глубина воронки при взрывании ВВ с бризантностью 8—10 мм в некрепких скальных породах может быть определена по формуле

$$h = 0,33\omega(2n - 1).$$

В крепких скальных породах видимая глубина воронки $h = 0,28 \omega (2n - 1)$ и при мягких породах $h = 0,4 \omega (2n - 1)$.

В табл. 63 даны ориентировочные значения видимой глубины воронки в зависимости от величины показателя действия взрыва.

63. Значения видимой глубины воронки в зависимости от показателя действия взрыва и взрывных свойств ВВ

Отношение диаметра воронки к величине л. н. с.	Величина показателя действия взрыва n	Видимая глубина воронки по отношению к л. н. с.	
		при среднебризантных ВВ	при высокобризантных ВВ
2,0	1,0	0,33	0,5
2,5	1,25	0,5	0,63
3,0	1,5	0,66	0,75
3,5	1,75	0,88	0,87
4,0	2,0	1,0	1,0
4,5	2,25	1,16	1,12
5,0	2,5	1,33	1,25
6,0	3,0	1,66	1,5

В твердых горных породах при $n > 2$ видимая глубина воронки ω , а разрушающее действие

заряда проявляется на глубину, равную радиусу зоны раздавливания R_p , который определяется из выражения

$$R_p = 0,062 \sqrt[3]{K_p Q},$$

где K_p — коэффициент простреливаемости (табл. 62);

Q — величина заряда, кг.

Дальность разлета породы при взрыве в зависимости от показателя действия взрыва по данным различных авторов составляет:

При $n = 1,0$	2,5 ω
» $n = 1,5$	8,0 ω
» $n = 2,0$	От 23 до 32 ω
» $n = 2,5$	От 41 до 50 ω
» $n = 3$	53 ω

Расстояние между сосредоточенными зарядами, при котором воронки выброса сливаются, образуя сплошную выемку, определяется по формуле

$$a = 0,5\omega(n + 1) \text{ м},$$

а видимая глубина получаемой выемки определяется по табл. 64.

64. Расчет видимой глубины выемки, образуемой серией зарядов, расположенных на расстоянии $a = 0,5 \omega (n + 1)$ (по Г. П. Демидюку)

Значение показателя выброса	$n = 1-2$	$n = 2-3$
Видимая глубина выемки	$h = 2K_2\omega(0,9n - 0,45)$	$h = K_2\omega(0,38n + 0,66)$
Значения коэффициента K_2 принимаются	$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } \omega \leq 5\text{м} \\ \text{при } 5\text{м} < \omega \leq 10\text{м} \\ \text{при } \omega > 10\text{м} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} K_2 = 1 \\ K_2 = 0,9 \\ K_2 = 0,8 \end{array} \right.$

При расчете зарядов выброса наиболее часто исходят из предпосылки пропорциональности расходуемой энергии взрыва объему разрушаемой породы или из условий пропорциональности размеров сферы разрушения и размеров заряда.

В первом случае расчет зарядов выброса производят по формуле

$$Q = qVK,$$

где q — удельный расход ВВ при нормальных зарядах выброса, зависящий от крепости породы и работоспособности ВВ, кг/м³.

Величину удельного расхода при применении аммонита № 9 принимают по табл. 65. При использовании других ВВ значения табл. 65 следует умножить на коэффициент, приведенный в табл. 66.

V — объем взорванной породы, равной объему воронки выброса ($V = \omega^3 n^2$, м³);

K — коэффициент, учитывающий величину показателя действия взрыва.

В формуле $Q = V \cdot K = q\omega^3 n^2 \cdot K$ произведение $n^2 \cdot K$ называют функцией показателя действия взрыва $f(n)$.

При нормальной воронке выброса $f(n) = 1$, тогда $Q = q\omega^3$ при воронке в виде прямого конуса или $Q = 1,83 q\omega^3$ при воронке в виде усеченного конуса. Частным случаем этой формулы является формула М. М. Борескова

$$Q = q\omega^3 f(n) = q\omega^3 (0,4 + 0,6n^3),$$

которую рекомендуется применять при расчете зарядов выброса с показателем $n = 0,8 - 3$ и глубине заложения до 15 м (табл. 67).

65. Удельный расход аммонита № 9 для различных пород при нормальных зарядах выброса

Горная порода	Категория крепости пород по Протодьяконову	Коэффициент нормального выброса q , кг/м ³	Коэффициент дробления $q_{др}$, кг/м ³
Песок	IX	1,8—2,0	—
Песок плотный или влажный	VIII	1,4—1,5	—
Суглинок тяжелый	VIII	1,2—1,35	0,4—0,45
Крепкие глины	VII	1,2—1,5	0,4—0,5
Лесс	VIIa	1,1—1,5	0,35—0,45
Мел	VI	0,9—1,1	0,3—0,35
Гипс	VI	1,2—1,5	0,4—0,5
Известняк-ракушечник	VI	1,8—2,1	0,6—0,7
Опока, мергель	VI	1,2—1,5	0,4—0,5
Туфы трещиноватые, плотная тяжелая пемза	VI	1,5—1,8	0,5—0,6
Коагломерат и брекчия на известковом цементе	V	1,35—1,65	0,45—0,55
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	V	1,35—1,65	0,45—0,55
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	IV	1,5—1,95	0,5—0,65
Известняк, песчаник	IV-III	1,5—2,4	0,5—0,8
Граиит, гранодиорит	IV-1	1,8—2,55	0,6—0,85
Базальт, андезит	III-1	2,1—2,7	0,7—0,9
Кварцит	II	1,8—2,1	0,6—0,7
Порфирит	II-1	2,4—2,55	0,8—0,85

66. Значения переводного коэффициента для различных ВВ

ВВ	Переводной коэффициент	ВВ	Переводной коэффициент
Аммонит № 9	1,0	Динамит 62% -ый труднозамерзающий	0,7
Аммонит № 10, динамон, игданит	1,0	Аммиачная селитра	1,45
Аммонит № 7, аммонит В-3, динафталит	0,9	Аммонит АП-1	1,1
Аммонит № 6, тротил	0,85	Аммоиты АП-2, АП-4, ПЖВ-20	1,0
Аммоаналы ВА-2, ВА-4, ВА-8	0,75	Аммонит АП-5	0,95
Аммоиты скальные №1 и № 2	0,7	Победит ВП-2	0,95
		Победит № 6	1,0

67. Значения $f(n) = 0,4 + 0,6 n^3$ по Борскову

n	$f(n)$	n	$f(n)$	n	$f(n)$
0	0,4	1,25	1,57	2,25	7,3
0,25	0,41	1,50	2,43	2,50	9,78
0,50	0,48	1,75	3,62	2,75	12,88
0,75	0,65	2,00	5,2	3,00	16,6
1,00	1,00				

68. Значения поправочного множителя $\sqrt{\frac{\omega}{20}}$

$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$	$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$	$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$
21	1,03	25	1,12	50	1,58
22	1,05	30	1,23	55	1,66

Продолжение табл.

$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$	$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$	$\omega, м$	$\sqrt{\frac{\omega}{20}}$
23	1,07	40	1,32	60	1,73
24	1,10	45	1,42	65	1,81
			1,5	70	1,87
				75	1,94
				80	2,0

69. Значения поправочного множителя $\sqrt{\cos \alpha}$

Угол α	$\sqrt{\cos \alpha}$	Угол α	$\sqrt{\cos \alpha}$
20	0,97	35	0,90
25	0,95	40	0,87
30	0,93	45	0,84

Если взрывание производится в породах различной крепости с мощностью отдельных прослоек h_1, h_2, h_3 , то удельный расход ВВ q определяется как средневзвешенное:

$$q_c = \frac{q_1 h_1 + q_2 h_2 + q_3 h_3}{h_1 + h_2 + h_3}.$$

При глубине заложения зарядов от 15 до 25 м (табл. 68) проф. Г. И. Покровский рекомендует вводить в формулу М. М. Борескова множитель $C = \sqrt{\frac{\omega}{20}}$ и для этих условий пользоваться формулой

$$Q = q\omega^3 (0,4 + 0,6n^3) \cdot \sqrt{\frac{\omega}{20}}.$$

При взрывании на косогоре, когда л. н. с. отклоняется от вертикали больше чем на 20°

(табл. 69), заряды выброса рассчитывают по формуле

$$Q = q\omega^3 (0,4 + 0,6n^3) \cdot \sqrt{\frac{\omega}{20}} \cdot \sqrt{\cos \alpha}.$$

В основу теории пропорциональности размеров сферы разрушения и размеров заряда, разработанной Г. И. Покровским, положен принцип учета механического действия ударных волн, проходящих при взрыве. Согласно этой теории действие взрыва проявляется в давлении, прилагаемом к разрушаемому объекту в течение непродолжительного времени, т. е. в приложении импульса в виде произведения величины давления на время его действия. Распространение этого импульса в неупругой среде уподобляется соударению ряда неупругих тел с непрерывно увеличивающейся массой при постоянном импульсе. На основании этой теории Г. И. Покровский вывел формулу для определения величины зарядов выброса при л. н. с. больше 25 м

$$Q = \frac{\gamma}{30\,000} \omega^{\frac{7}{2}} (1 + n^2)^2,$$

где γ — объемный вес породы.

При пользовании этой формулой необходимо учитывать величину удельной энергии ВВ.

О. Е. Власов предлагает эмпирическую формулу для определения величины заряда выброса:

$$Q = q\omega^3 \left(\frac{1+n}{2} \right)^{9/4}.$$

Расчет зарядов рыхления (дробления). При увеличении л. н. с. действие взрыва на определенном этапе ограничивается дроблением породы без образования воронки выброса. По данным

Союзвзрывпрома это имеет место при $f(n) = 0,33$. Произведение $0,33q$ называется коэффициентом дробления $q_{др}$.

Акад. Н. В. Мельников, исходя из предположения о влиянии абсолютных значений л. н. с. на величину функции показателя действия заряда, предложил следующую формулу для расчета зарядов дробления (табл. 70):

$$Q = \frac{\left(\omega + 1 - K \sqrt{\frac{\omega + 1}{\omega}}\right)^3}{2 \sqrt{2\omega^3}} q\omega^3,$$

где значение K определяется по формуле $K = \omega (\sqrt{1 - n^2} - 1)$.

$$70. \text{ Значение } f(n) = \frac{\left(\omega + 1 - K \sqrt{\frac{\omega + 1}{\omega}}\right)^3}{2 (\sqrt{2\omega^3})}$$

в зависимости от л. н. с.

Л. н. с.	$f(n)$	Л. н. с.	$f(n)$	Л. н. с.	$f(n)$
1,0	1,0	2,0	0,68	7,0	0,43
1,1	0,97	2,25	0,61	8,0	0,42
1,2	0,89	2,5	0,58	9,0	0,41
1,3	0,83	3,0	0,55	10,0	0,40
1,4	0,80	3,5	0,54	15,0	0,39
1,5	0,76	4,0	0,58	20,0	0,38
1,6	0,73	5,0	0,47	25,0	0,37
1,8	0,70	6,0	0,44	30,0	0,37

Способы взрывания зарядов

В горной промышленности применяется огневое, электрическое, при помощи детонирующего шнура и комбинированное (электроогневое) взрывание зарядов.

Огневое взрывание зарядов применяется в шахтах, не опасных по газу и пыли, и заключается в изготовлении зажигательных трубок, патронов-боевиков, зарядке шпуров и зажигании огнепроводного шнура.

Зажигательная трубка представляет собой

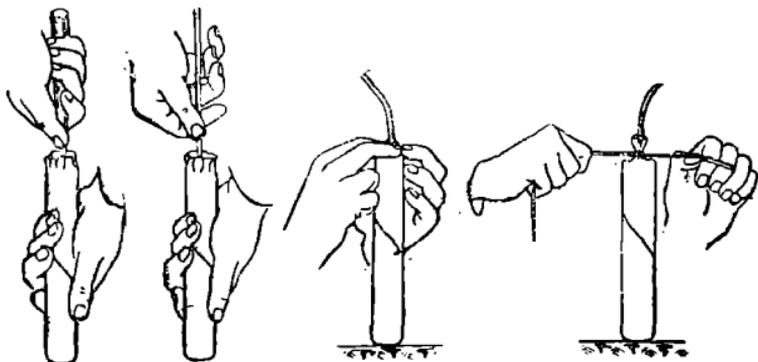


Рис. 19. Последовательность операций по изготовлению патрона-боевика для огневого взрывания.

капсюль-детонатор со вставленным в него отрезком огнепроводного шнура. Последовательность операций по изготовлению патрона-боевика для огневого взрывания показана на рис. 19.

В горизонтальных и наклонных (до 30°) выработках (шириной до 5 м) огневое взрывание производится одним взрывником, причем число зарядов, взрываемых за один прием, не должно быть более 16, в противном случае следует пользоваться зажигательными патрончиками.

Взрывание при помощи детонирующего шнура требует правильности монтажа взрывной сети. Не рекомендуется присоединять в одно место магистрали более одного ответвления, нельзя допускать пересечений шнура в сети, витков и скруток на шнуре. В случае необходимости

перекрещивания шнуров между ними должна быть помещена прокладка толщиной не менее 10 см. Способы соединения отрезков детонирующего шнура приведены на рис. 20.

Сеть детонирующего шнура взрывается при

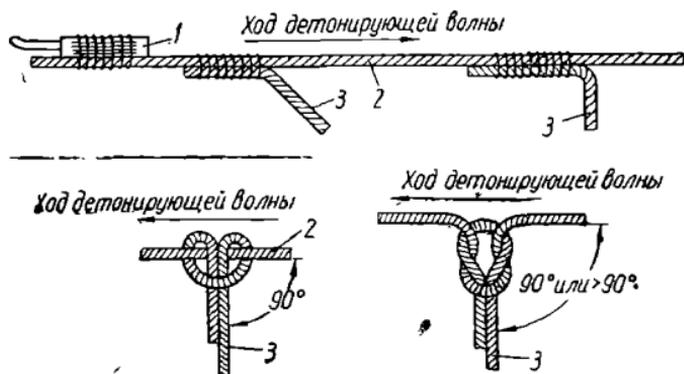


Рис. 20. Способы соединения отрезков детонирующего шнура:

1 — электродетонатор; 2 — магистральная линия ДШ; 3 — ответвление ДШ.

помощи электродетонатора или от капсуля-детонатора с отрезком огнепроводного шнура.

Электрическое взрывание требует соблюдения следующих правил:

1. Ток, проходящий через электродетонатор, должен быть не меньше гарантийного или импульс тока, поступивший во взрывную сеть, должен быть не меньше импульса воспламенения наименее чувствительного детонатора.

2. Токи, проходящие через электродетонаторы, должны быть равными или близкими друг к другу.

3. Электродетонаторы должны быть проверены на проводимость и подобраны по сопротивлению.

4. Электровзрывная сеть должна быть правильно рассчитана и смонтирована.

Проводники различают: а) детонаторные (выводные); б) соединительные (концевые, участковые); в) магистральные. В качестве последних применяются одножильные или многожильные медные или алюминиевые изолированные проводники.

Детонаторные проводники применяют медные, реже алюминиевые и стальные оцинкованные (табл. 71, 72, 73, 74).

71. Характеристика медных детонаторных проводов марок ЭР, ЭВ

Марка провода	Сечение жилы, мм ²	Сопротивление провода при 20°С, ом/км	Наружный диаметр провода, мм	Вес провода, кг/км	Примечание
ЭР	0,2	100	2,4	6,6	С резиновой изоляцией
ЭВ	0,2	100	1,6	6,5	С винилитовой изоляцией

В качестве соединительных проводов (для соединения между собой электродетонаторов, удаленных друг от друга, или отдельных участков электровзрывной цепи) применяется провод марки ВМВ сечением жилы 0,75 мм², сопротивлением 25 ом/км, наружным диаметром 3 мм и весом 10,3 кг/км. Этот же провод может использоваться и как магистральный.

При температурах, отличных от 20°С, сопротивление проводов следует определять по формуле

$$r = r_{20} [1 + \alpha (t^\circ - 20^\circ)],$$

72. Характеристика медных магистральных проводов

Сечение жилы, мм ²	Число проволок в жиле	Сопротивление провода при 20° С, ом/км	Вес провода, кг/км				Примечание
			ПР-220	ПР-500	ПР-3000	ПВ-500	
0,75	1	24,5	—	22	—	16	Провода ПР-одножильные медные с резиновой изоляцией в хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом. ПВ-500 одножильные медные с виниловой изоляцией
1,0	1	18,4	19	25	—	19	
1,5	1	12,3	24	31	59	24	
2,5	1	7,4	34	42	71	38	
4,0	1	4,6	49	58	90	54	
6,0	1	3,07	—	78	114	74	
10,0	7	1,84	—	141	187	—	
16,0	7	1,15	—	212	257	—	
25,0	7	0,736	—	318	372	—	
35,0	7	0,526	—	418	478	—	
50,0	19	0,368	—	586	657	—	
70,0	19	0,263	—	783	860	—	

73. Характеристика алюминиевых магистральных проводов

Сечение жилы, мм ²		Число проволок в жиле	Сопротивление провода при 20° С, ом/км	Вес провода, кг/км		Примечание
фнктивное (по меди)	действительное (по алюминию)			АПР-500	АПВ-500	
1,5	2,25	1	12,3	—	—	Провод АПР-500 алюминиевый одножильный с резиновой изоляцией в хлопчатобумажной оплетке. АПВ-500 алюминиевый одножильный с виниловой изоляцией
2,5	3,75	1	7,4	27	23	
4,0	6,0	1	4,6	34	30	
6,0	9,0	1	3,07	42	38	
10,0	15,0	7	1,84	78	64	
16,0	24,0	7	1,15	115	89	
25,0	37,5	7	0,736	164	132	
35,0	52,5	19	0,526	203	168	
50,0	75,0	19	0,368	276	234	
70,0	105,5	19	0,263	351	303	

**74. Сопротивление стального
провода в зависимости от
поперечных размеров**

Сечение провода, м ²	Диаметр провода, мм	Сопротив- ление, ом/км
0,2	0,5	676
0,5	0,8	264
0,75	0,98	177
1,0	1,13	132,4
1,5	1,38	88,3
2,5	1,78	53,0
4,0	2,25	33,2
6,0	2,76	22,0
10,0	3,56	13,2

где r_{20} — сопротивление провода при температу-
ре $+20^{\circ}\text{C}$ (табл. 81, 82, 83);

α — температурный коэффициент (для меди
и алюминия может быть принят рав-
ным 0,004).

Взрывание электродетонаторов может осу-
ществляться при постоянном и переменном токе.

Гарантийную величину постоянного тока i_{Γ} ,
обеспечивающую безотказный взрыв группы
электродетонаторов с разной чувствительностью,
соединенных последовательно, определяют по
формуле

$$i_{\Gamma} \geq \sqrt{\frac{K_{\text{макс}} - K_{\text{мин}}}{t_{\text{п мин}}}},$$

где $K_{\text{макс}}$ — наибольшее значение импульса во-
спламенения детонаторов, $\text{a}^2\text{мсек}$;

$K_{\text{мин}}$ — наименьшее значение импульса во-
спламенения, при котором взрыва-

ются наиболее чувствительные детонаторы, a^2 мсек;

$t_{n \text{ мин}}$ — минимальное время передачи, т. е. время с момента начала горения воспламенительного состава до момента взрыва электродетонатора, мсек.

Величина гарантийного эффективного переменного тока при взрывании группы электродетонаторов, соединенных последовательно, определяется по формуле

$$i_{\text{эф. г}} \geq \sqrt{\frac{K_{\text{макс}} - K_{\text{мин}}}{t_{\text{мин}} - \frac{1}{\omega} \sin \omega t_{n \text{ мин}}}}$$

здесь ω — угловая частота переменного тока.

Для электродетонаторов с нихромовым мостиком накаливания гарантийный постоянный ток i_T составляет $1a$, переменный ток применять нельзя.

Электродетонаторы в электровзрывной цепи могут быть соединены последовательно, параллельно, последовательно-параллельно и параллельно-последовательно.

При последовательной схеме соединения величину тока в цепи определяют по формуле

$$I = \frac{U}{R_M + R_B + r \cdot n}$$

где I — величина тока в электровзрывной сети (больше или равна i_T или $i_{\text{эф.г}}$), a ;

U — напряжение у рубильника, v ;

R_M — сопротивление магистральных проводов, $ом$;

R_B — сопротивление выводных проводов, $ом$;

r — сопротивление каждого детонатора в

цепи, которое складывается из сопротивления мостика и сопротивления детонаторных проводов, *ом*;

n — количество детонаторов в группе.

При нагревании током нихромового мостика его сопротивление существенно увеличивается. Это учитывают, вводя поправочный коэффициент. Тогда удельное сопротивление определяется по формуле

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t),$$

где ρ_0 — удельное сопротивление при 0°C (или при 20°C), $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

α — температурный коэффициент, равный для нихрома 0,00013;

t — температура накаливания мостика, *град*; определяется по формуле

$$t = \frac{0,17}{d^4 \cdot \gamma \cdot c} \cdot i^2 \cdot t_1.$$

Здесь d — диаметр мостика, *мм*;

γ — удельный вес материала мостика, $\frac{\text{г}}{\text{мм}^3}$;

c — теплоемкость материала мостика, $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$;

i — сила тока, *а*;

t_1 — время прохождения тока, *сек*.

Практически t^2 представляет собой температуру, при которой происходит воспламенение воспламенительного состава (обычно $t = 180 - 280^\circ \text{C}$).

Параллельное соединение может быть параллельно-ступенчатое и параллельно-пучковое.

Параллельно-ступенчатое соединение применяется главным образом при проходе верти-

кальных стволов («соединение с антенной»). Параллельно груди забоя на деревянных кольшках натягиваются две кольцеобразные антенны; к одной из них присоединяется один провод электродетонатора, к другой — второй. Обе антенны затем присоединяют к магистральным проводам, а последние — к кабелям для взрывания.

Величину тока в цепи подсчитывают по формуле

$$I = \frac{U}{R_{\text{м}} + R_{\text{в}} + \frac{r}{n}} \geq i_{\text{эф. г.}}$$

Параллельно-ступенчатая схема имеет ряд недостатков, ограничивающих область ее применения (большое число контактов; большая сеть проводов, затрудняющих монтаж сети и др.).

Параллельно-пучковое соединение может быть одностепенным и многостепенным. При одностепенной схеме величину тока определяют по вышеприведенной формуле для параллельной цепи, при трехстепенном пучковом соединении формула для определения величины тока имеет другой вид:

$$I = \frac{U}{R_{\text{м}} + \left[\left(\frac{r}{n} + R_{\text{в}_1} \right); n_1 + R_{\text{в}_2} \right] n_2}$$

где $R_{\text{в}_1}$, $R_{\text{в}_2}$ — сопротивления выводных проводов первичного и вторичного пучков;

n — количество детонаторов в первичном пучке;

n_1 — количество первичных пучков, включенных во вторичный пучок;

n_2 — количество вторичных пучков, включенных в третичный пучок.

Величина тока в каждом электродетонаторе составляет

$$i = \frac{I}{n \cdot n_1 \cdot n_2}.$$

Многопучковые схемы применяют при большом количестве зарядов и растянутом фронте их расположения. Такие схемы имеют существенные недостатки, заключающиеся в сложности монтажа сети и невозможности проверки ее исправности при помощи электроприборов.

Последовательно-параллельное соединение применяют при большом количестве электродетонаторов, когда их последовательное соединение не обеспечивает поступление тока гарантийной величины.

При одинаковом количестве электродетонаторов в группах и равном сопротивлении отдельных детонаторов величину тока определяют из выражения

$$I = \frac{U}{R_m + \frac{R_a + r \cdot n}{m}},$$

где n — количество последовательно соединенных электродетонаторов в одной группе;

m — количество групп, параллельно присоединенных к магистральным проводам.

Если количество электродетонаторов в разных группах неодинаково и сопротивления электродетонаторов в группах различны, то силу тока подсчитывают, пользуясь следующей формулой:

$$I = \frac{U}{R_M + \frac{1}{\frac{1}{r_1 \cdot n_1 + R_{B_1}} + \frac{1}{r_2 \cdot n_2 + R_{B_2}} + \dots}}$$

Здесь r_1, r_2 — сопротивления электродетонаторов в отдельных группах;
 n_1, n_2 — количество электродетонаторов в отдельных группах.

Максимально возможное количество последовательно соединенных детонаторов в группе определяют по формуле

$$n = \frac{U}{2i \cdot r} - \frac{R_B}{2r},$$

а возможное количество групп

$$m = \frac{U}{2i \cdot r} - \frac{R_B}{2r},$$

где i — величина тока, поступающего в группу, а.

Приведенные формулы справедливы при одинаковом сопротивлении электродетонаторов и одинаковом количестве их в группах.

Последовательно-параллельное соединение применяют при большом количестве шпуров. Взрывание таких схем можно производить только от осветительной или силовой линии напряжением 127, 220 или 380 в.

Параллельно-последовательное соединение применяют обычно вместо параллельно-пучковых

многоступенчатых схем. Величину тока в цепи определяют в этом случае по формуле

$$I = \frac{U}{R_m + R_b + \left(\frac{r}{n} + R_y\right) \cdot m^1},$$

а тока, протекающего по каждому детонатору,

$$i = \frac{I}{n^1}$$

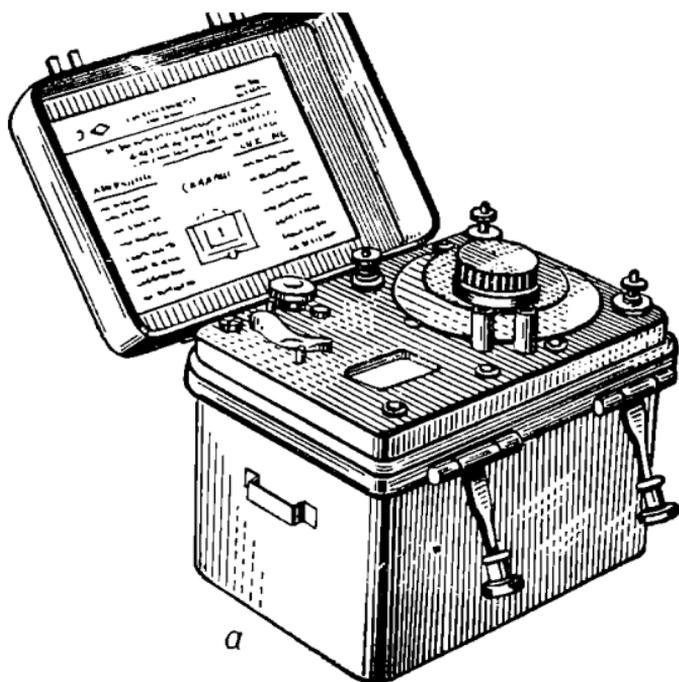
Здесь n^1 — количество параллельно-соединенных электродетонаторов (в одной группе должно быть не менее 5—6);

m^1 — количество последовательно соединенных групп;

R_y — сопротивление участка провода между двумя соседними группами.

Электрический способ взрывания является единственно допустимым в шахтах, опасных по газу и пыли, а также при проходке вертикальных и наклонных (более 30°) стволов. В железорудной промышленности применяется при массовых взрывах глубоких скважин и камерных зарядов (в комбинации с детонирующим шнуром). Перед началом работ по электровзрыванию производят проверку и подбор электродетонаторов по сопротивлению с помощью линейного взрывного мостика ЛМВ-47 (рис. 21), линейного мостика ЛМ-48 (рис. 22) или пьезоэлектрического взрывного испытателя ВИО-3 *, схема которого приведена на рис. 23, а характеристика в табл. 75.

* С помощью прибора ВИО-3 можно проверить взрывную цепь или отдельный электродетонатор только на исправность; он не показывает величины сопротивления электровзрывной цепи.



a

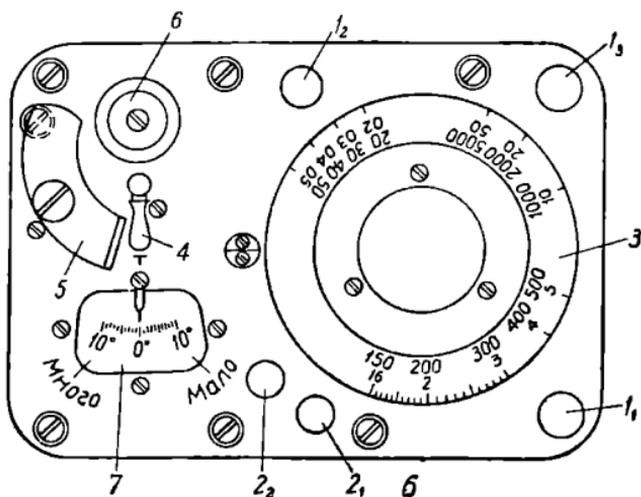


Рис. 21. Линейный взрывной мостик ЛМВ-47:

a — общий вид; *b* — схема верхней панели; $1_1, 1_2, 1_3$ — зажимы; $2_1, 2_2$ — кнопки; 3 — подвижная шкала; 4 — тормоз; 5 — за щелка; 6 — вращающийся цилиндр, 7 — гальванометр.

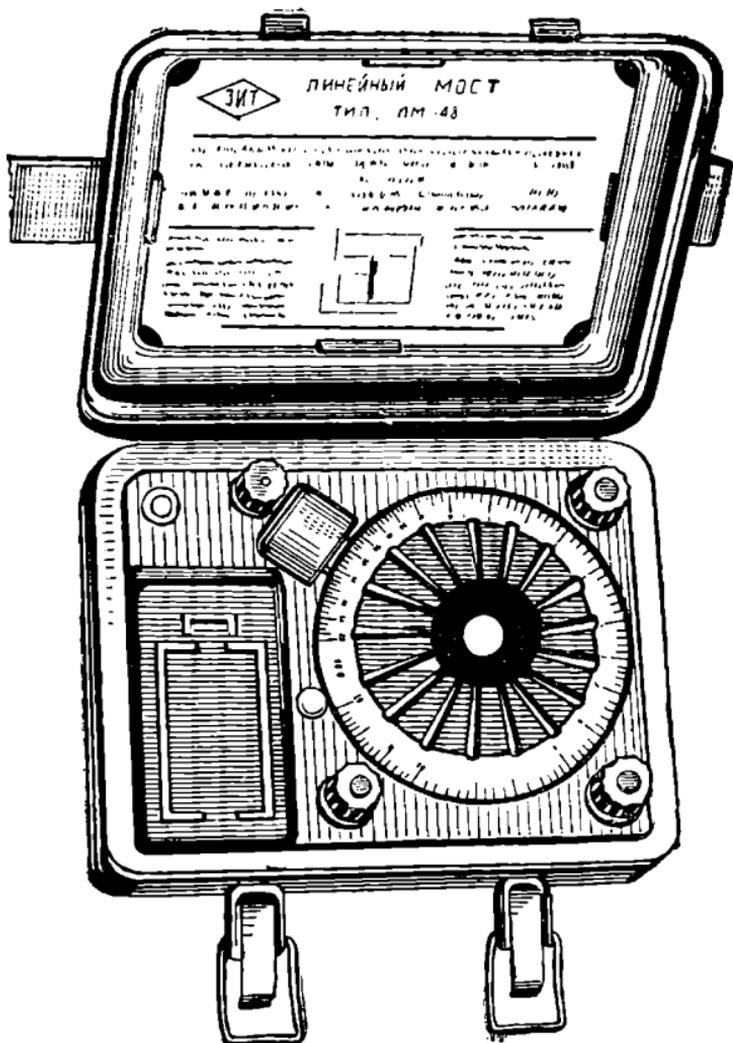
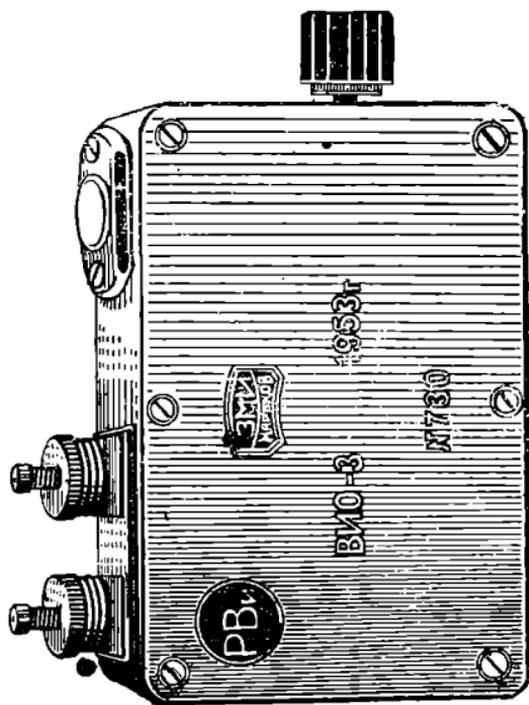


Рис. 22. Общий вид линейного взрывного мостика ЛМ-48.



а

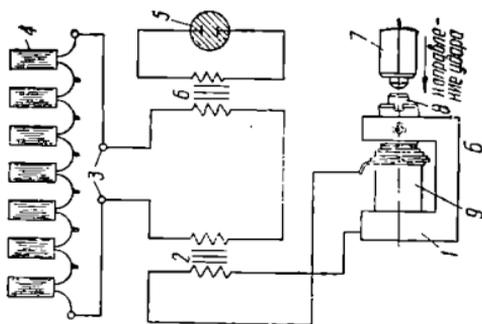


Рис. 23. Взрывной испытатель ВЮ-3:
 а — общий вид; б — принципиальная схема; 1 — обмотка; 2 — первичная обмотка понижающего трансформатора; 3 — зажимы прибора; 4 — проверяемая взрывная сечь; 5 — неоиевая сигнальная лампочка; 6 — вторичная обмотка понижающего трансформатора; 7 — пружинный боек; 8 — валик; 9 — керамический пьезоэлемент.

После подбора электродетонаторов по сопротивлению приступают к изготовлению патронов-боевиков (рис. 24) и монтажу электро-

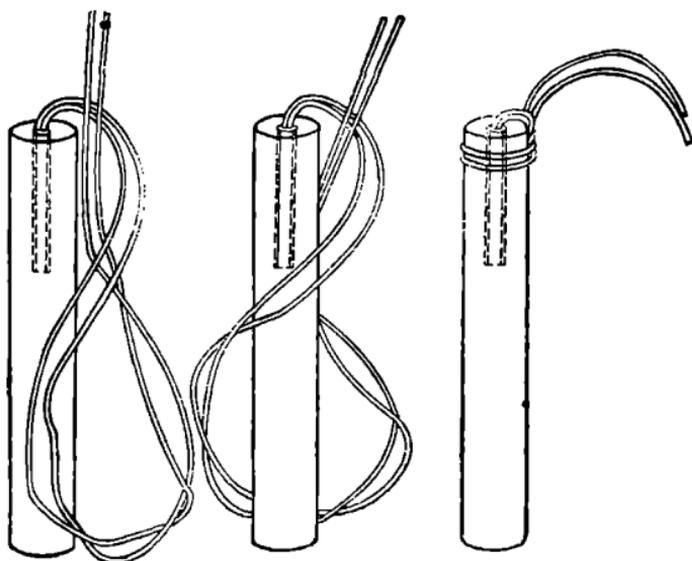


Рис. 24. Последовательность операций изготовления патрона-боевика для электровзрывания.

75. Основные технические данные пьезоэлектрического взрывного испытателя ВИО-3

Показатель	Характеристик:
Предельное сопротивление измеряемой цепи, <i>ом</i> Индикатор проводимости	100
Источник тока	Неоновая лампочка МН-3 с потенциалом зажигания 65 в
Основные размеры, <i>мм</i>	Пьезоэлемент керамический ПК-1
Вес, <i>кг</i>	121 × 96 × 30
Исполнение	0,55
	Искробезопасное (РИ)

взрывной сети. При этом следует обращать особое внимание на качество сращков (соединения) проводов, не допуская сращивания их без тщательной очистки от изоляции. Оголенные жилы следует зачищать ножом до блеска, а места со-

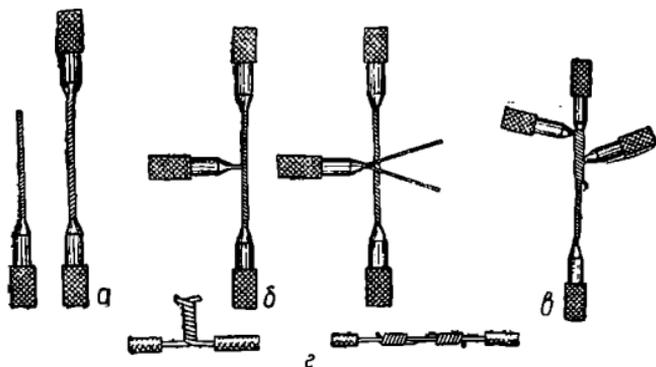


Рис. 25. Способы сращивания проводов:
 а — простые; б — под углом; в — сетевые; г — временные сращки.

единений необходимо изолировать изоляционной лентой. На рис. 25 показаны некоторые способы сращивания проводов.

По окончании монтажа электровзрывная цепь проверяется на исправность с помощью линейного мостика ЛМ-48, испытателя взрывной цепи ИВЦ-1 и других приборов. Линейный мостик, имеющий размеры $165 \times 140 \times 75$ мм и вес 1,5 кг, предназначается для измерений электрических сопротивлений в пределах от 0,3 до 3000 ом. Он имеет два предела показаний: от 0,3 до 30 ом (обозначенный надписью «Запал») и от 30 до 3000 ом («Линия»).

При пользовании прибором измеряемое сопротивление (отдельный электродетонатор или взрывную цепь) подключают к зажимам оммет-

ра и, нажимая кнопку лимба, поворачивают его до тех пор, пока стрелка гальванометра станет на нуль. Величина сопротивления цепи берется на наружной шкале лимба против черты указателя (при установке переключателя на «Запал») или на внутренней шкале (при установке на положение «Линия»).

При проверке электро-взрывной сети прибором ИВЦ-1 (рис. 26) она под-ключается к линейным за-жимам, после чего нажа-

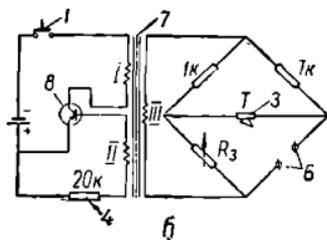
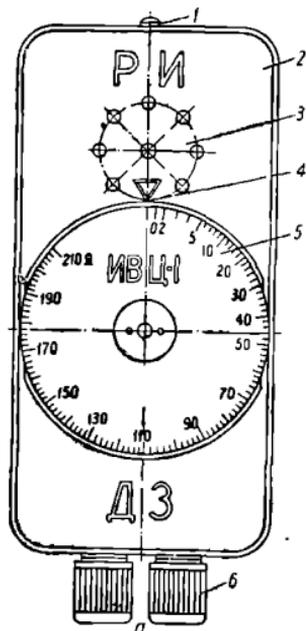


Рис. 26. Прибор ИВЦ-1 для проверки электровзрывной сети:

а — вид панели; б — принципиальная схема; 1 — кнопка; 2 — корпус; 3 — телефон; 4 — указатель; 5 — шкала; 6 — линейные зажимы; 7 — трансформатор; 8 — полупроводниковый триод.

тием кнопки включается питание генератора. Поднеся прибор к уху, производят вращение шкалы до положения, при котором будет минимальная сила звука телефонного капсюля. На шкале прибора против указателя берут отсчет величины сопротивления в омах.

Если при вращении диска заметного измене-

ния громкости звука не происходит — в цепи имеется обрыв. Пределы измерения этим прибором 0—200 ом, точность $\pm 10\%$, размеры 165 × 70 × 45 мм, вес 0,6 кг, исполнение — искробезопасное (РИ), в качестве источника тока применяется гальваническая батарея МПЦГ-0,15 на 6,5 в.

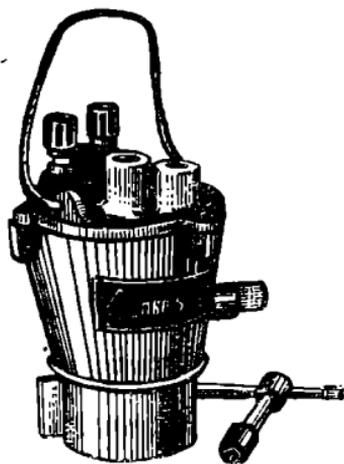


Рис. 27. Общий вид прибора ПВР-5 для взрывания от сети.

Источниками тока при электровзрывании служат взрывные машинки; кроме того, для этой цели может быть использована силовая или осветительная сеть. При проходке шахтных стволов, а также в шахтах, не опасных по газу и пыли, взрывание зарядов от сети может осуществляться с помощью «минной станции» (ме-

таллический ящик, в котором смонтированы два двухполюсных рубильника и сигнальная лампа). Иногда вместо рубильников в ящике монтируется магнитный пускатель с кнопочным управлением. На минной станции могут быть установлены омметр, амперметр, вольтметр и реостат.

Для взрывания от электросети в шахтах, опасных по газу и пыли, применяют специальные приборы ПВР-5 (СП-1), общий вид которого изображен на рис. 27, и СП-1м. С помощью этих приборов можно взрывать от сети напряжением 127 в до 40 электродетонаторов, соединенных по-

следовательно, и при напряжении 220 в — до 80.

Для взрыва прибор включают в обычный взрывобезопасный штепсельный пускатель ШБТ-51 или ПБГ-101. Вес прибора СП-1 1,9 кг, размеры его $187 \times 122 \times 98$ мм. Прибор СП-1м состоит из литого чугунного корпуса со съемной крышкой, нижняя часть прибора является штепсельной частью разъема ШБГ. Принцип действия этого прибора заключается в кратковременном (на 10—15 мсек) подключении электровзрывной цепи (при помощи пружинного кулачкового механизма, который взводится вручную ключом) к сети переменного тока напряжением 127 или 220 в.

После подключения к линейным зажимам магистральных проводов электровзрывной цепи прибор через разъем ШБГ подключается к силовой сети и затем производится взвод прибора. Для производства взрыва ключ переставляется в гнездо «Пуск» и проворачивается по часовой стрелке, в результате чего происходит кратковременное замыкание контактов взрывной цепи с сетевыми контактами, а затем под действием специальных пружин происходит размыкание цепи. Основные размеры прибора СП-1м $190 \times 140 \times 105$ мм, вес 2 кг, срок службы 1 год. Прибор разработан и выпускается томским электромеханическим заводом им. Вахрушева.

Наиболее часто взрывание зарядов в подземных условиях осуществляется при помощи взрывных машинок. Для шахт, в том числе и опасных по газу или пыли, серийно выпускается конденсаторная взрывная машинка типа В.М.К-3/50. В последнее время эта машинка была

модернизирована. Электролитические конденсаторы емкостью 40 мкф заменены металлобумажным конденсатором емкостью 20 мкф, а напряжение зарядки увеличено до 450—500 в. Такая машинка рассчитана на воспламенение до 30 электродетонаторов с константовым мостиком накаливания или до 100 электродетонаторов с нихромовым мостиком накаливания при сопротивлении взрывной цепи до 320 ом. При этом значительно сократилось время, необходимое для зарядки конденсаторов, увеличилось время саморазряда и при длительном хранении конденсаторы не расформовываются.

Несмотря на такое улучшение, конструкция машинки имеет существенные недостатки — неудобная цилиндрическая форма корпуса, большие габариты и вес, ненадежная конструкция замыкателя мгновенного действия пакетного типа.

За последнее время на базе машинки ВМК-3/50. был разработан целый ряд конденсаторных взрывных машинок с питанием от индуктора, от сухих галетных батарей и от аккумуляторов.

Днепропетровский завод шахтной автоматики разработал и выпустил серийно конденсаторные взрывные машинки типа ВМК-1/35 и ВМК-1/100.

Общий вид взрывной машинки ВМК-1/35 приведен на рис. 28, машинки ВМК-1/100 — на рис. 29, а схема машинки ВМК-1/35 — на рис. 30.

Взрывная машинка ВМК-1/100 отличается только величиной рабочего напряжения, типом и емкостью конденсатора. Схема машинок этого типа состоит из индуктора, селеновых выпрями-

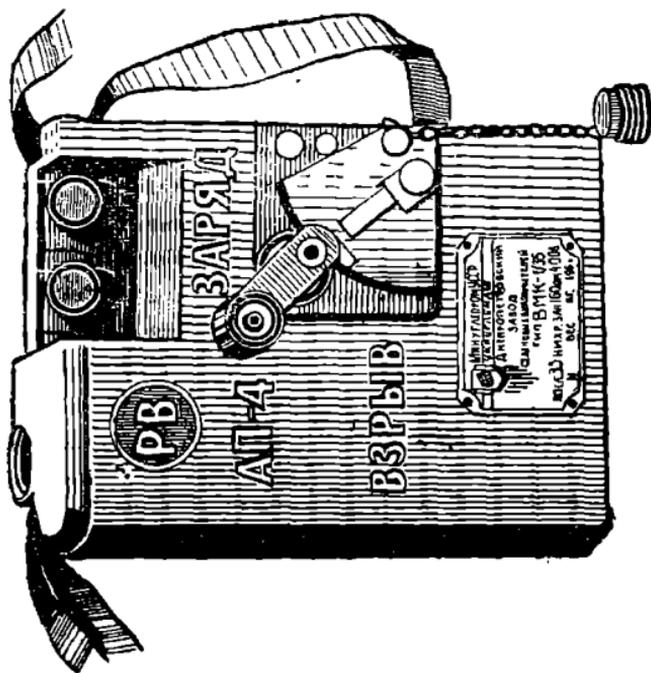


Рис. 28. Общий вид машинки ВМК-1/35.

1 — ремень для переноски машинки; 2 — липейные зажимы; 3 — кольцо для провода индуктора; 4 — защитное окно; 5 — крышка.

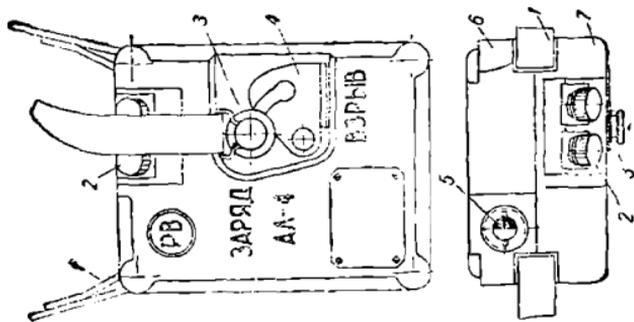


Рис. 29. Общий вид взрывной машинки ВМК-1/100:

1 — кольцо для ремня; 4 — защитное окно сигнальной лампочки;

тельных столбиков, конденсаторов-удвоителей, сигнального устройства (релаксатора) в виде сопротивлений и неоновой лампочки, конденсатора накопителя, миллисекундного переключателя, разрядного сопротивления и выводных клемм.

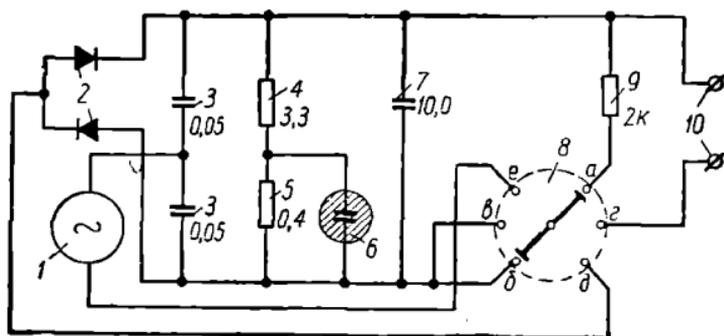


Рис. 30 Принципиальная схема взрывной машинки ВМК-1/35:

1 — индуктор; 2 — селеновые выпрямительные столбики; 3 — конденсаторы-удвоители; 4, 5 — сопротивления; 6 — неоновая лампочка; 7 — конденсатор-накопитель; 8 — миллисекундный переключатель; 9 — разрядное сопротивление; 10 — выводные клеммы.

В отличие от машинки ВМК-3/50 в машинках ВМК-1/35 и ВМК-1/100 применены малогабаритные индукторы, пакетный замыкатель мгновенного действия заменен миллисекундным замыкателем более надежной конструкции.

В машинке ВМК-1/35 применены металлобумажные конденсаторы типа МБГО емкостью 10 мкф и 8 мкф в машинке ВМК-1/100, не подверженные расформовке.

Замыкатель разрядного сопротивления и миллисекундный замыкатель объединены в одну конструкцию, механически заблокированную с ручкой индуктора таким образом, что ручка может быть снята только в положении защелки

«Взрыв», когда конденсатор-накопитель замкнут на разрядное сопротивление.

В положении защелки «Заряд» индуктор подключается к схеме, а разрядное сопротивление отключается. При вращении ручки со скоростью 4 оборота в секунду конденсатор-накопитель заряжается до напряжения 400 в в машинке ВМК-1/35 и 600 в в машинке ВМК-1/100. При этом загорается неоновый индикатор, что свидетельствует о готовности машинки к взрыву.

При переводе защелки в положение «Взрыв» взрывная сеть подключается к конденсатору-накопителю на 2—4 мсек, а затем конденсатор замыкается на разрядное сопротивление.

Машинки ВМК-1/35 и ВМК-1/100 рассчитаны на воспламенение электродетонаторов с никромовыми мостиками накаливания типа ЭД8-56 и развивают во взрывной цепи импульсы не менее 3 а²мсек при сопротивлениях взрывной цепи соответственно до 160 и 300 ом, что обеспечивает одновременное воспламенение до 20 и 100 последовательно соединенных электродетонаторов.

Машинки заключены в литые корпуса прямоугольной формы. Пыле- и влагонепроницаемость обеспечивается паранитовой прокладкой толщиной 0,4 мм в месте сопряжения частей оболочки. Вес машинки ВМК-1/35 — 2,2 кг, а машинки ВМК-1/100 — 2,5 кг.

Учитывая опасность искр от трения при возможных ударах по алюминиевым корпусам, а также для облегчения веса и упрощения технологии изготовления, завод в дальнейшем предполагает выпускать эти машинки в корпусах из пластмассы. Расположение деталей и узлов в корпусе такое, что любой узел машинки может

быть снят и проверен независимо от других узлов, что очень удобно при эксплуатации и ремонте машинки.

Днепропетровский завод горношахтной автоматики разработал также (по техническому заданию МакНИИ) батарейные конденсаторные взрывные машинки типа БКВМ-1/30 и БКВМ-1/50, в которых вместо индуктора применены сухие галетные батареи.

Схема этих машинок (рис. 31) состоит из батареи, конденсатора-накопителя, разрядного сопротивления, неоновового индикатора с делителем напряжения на сопротивлениях, миллисекундного замыкателя и выводных клемм.

В машинке БКВМ-1/30 применена батарея типа 120-ПМЦГ-0,15 со сроком хранения 6—8 месяцев; одной батарее достаточно для производства до 6000 взрываний. В машинке преду-

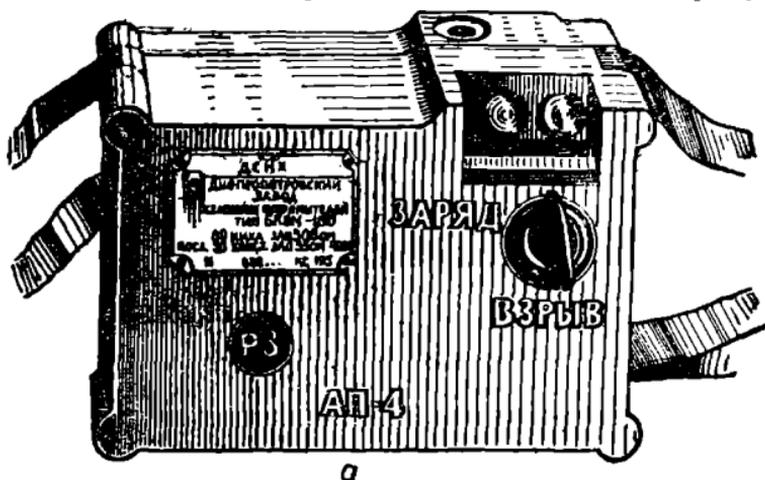
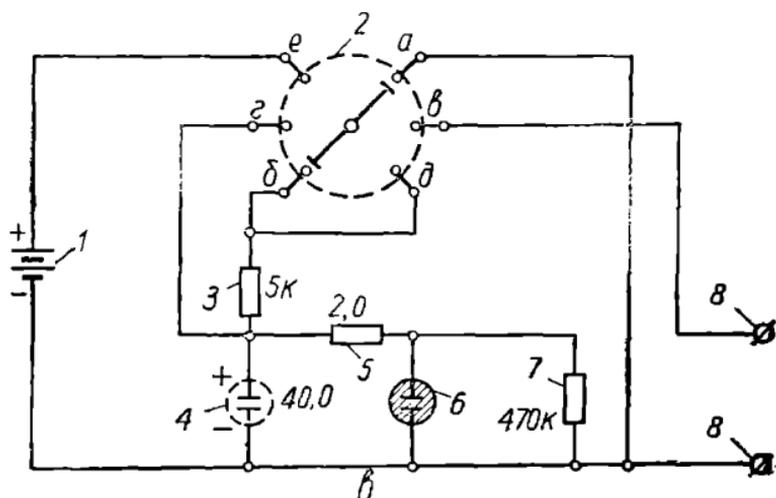
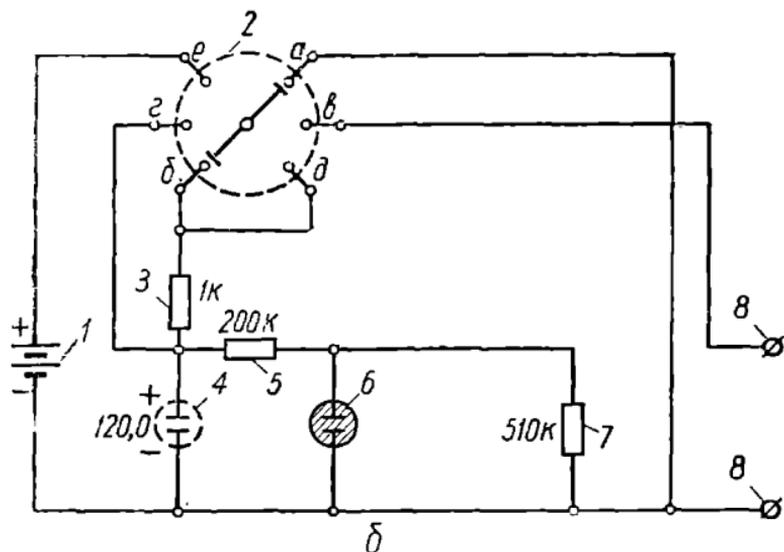


Рис. 31. Общий вид взрывной машинки БКВМ-1/50(а)

1 — сухая батарея; 2 — эксцентриковый миллисекундный накопитель; 5, 7 — сопротивление релаксатора;



и принципиальные схемы машинок БКВМ-1/30(б) и БКВМ-1/50(а):

реключатель; 3 — разрядное сопротивление; 4 — конденсатор; 6 — неоновая лампочка; 8 — линейные зажимы.

смотрена блокировка, позволяющая снять ключ только в положении «Взрыв», когда конденсатор-накопитель закорочен на разрядное сопротивление и отключен от батареи. Схема машинки заключена в оболочку прямоугольной формы из прессматериала типа волокнит. В машинке ВКВМ-1/50 применена батарея типа 450-ПМЦГ-0,06.

Конструкция миллисекундного замыкателя и схема блокировки такие же, как в машинке БКВМ-1/30. Корпус машинки прямоугольный, выполнен из алюминиевого сплава АЛ-4.

Для приведения батарейной машинки в состояние готовности взрывник не должен затрачивать усилий и времени на вращение индуктора, что особенно удобно при необходимости взрывать большое число групп электродетонаторов.

Кроме того, в батарейных машинках напряжение зарядки конденсаторов-накопителей от момента загорания индикатора до момента подачи импульса не снимается, как это может быть в машинках с индукторным питанием.

К недостаткам машинок с питанием от батарей следует отнести необходимость периодической замены батареи, что в связи с ограниченным сроком их хранения требует четкой организации снабжения, а также необходимость применения таких машинок на поверхностных работах при низких температурах.

Центральной научно-исследовательской лабораторией Госгортехнадзора РСФСР разработаны конденсаторные взрывные машинки ВМА-100/300 и ВМА-50/100, предназначенные для взрывания электродетонаторов в шахтах, опасных по газу и пыли, в условиях температуры ок-

ружающей среды от -10 до $+30^{\circ}\text{C}$. Машинки состоят из корпуса из алюминиевого сплава со съемной крышкой, на которую выведены ключ переключателя, окно сигнальной лампочки и заглушка, закрывающая штепсельные гнезда для зарядки аккумуляторов. Подзарядка последних производится через каждые 500 взрываний, но не реже одного раза в месяц. Зарядка аккумуляторной батареи производится в течение 4 ч при напряжении 3 в и силе тока 0,5 а.

Принципиальные электрические схемы машинок приведены на рис. 32. Принцип их работы состоит в мгновенном разряде на электровзрывную цепь энергии конденсаторов-накопителей, заряжаемых через выпрямитель и преобразователь напряжения от аккумуляторной батареи. Преобразователь заряжает конденсатор-накопитель в течение 1 мин после установки ключа в положение «Заряд», в результате чего во вторичной обмотке трансформатора наведется переменная э. д. с. Поскольку эта обмотка подключена к конденсаторам-накопителям через выпрямитель, последние постепенно заряжаются до заданного напряжения, при котором зажигается неоновая лампочка, сигнализируя о готовности машинки к производству взрыва.

При повороте ключа в положение «Взрыв» примерно на 3 мсек происходит подключение конденсаторов-накопителей к линейным зажимам замыканием контактов В—В. Остаточный заряд конденсатора-накопителя замыканием контактов б—б гасится на разрядном сопротивлении.

Завод шахтной автоматики по техническому

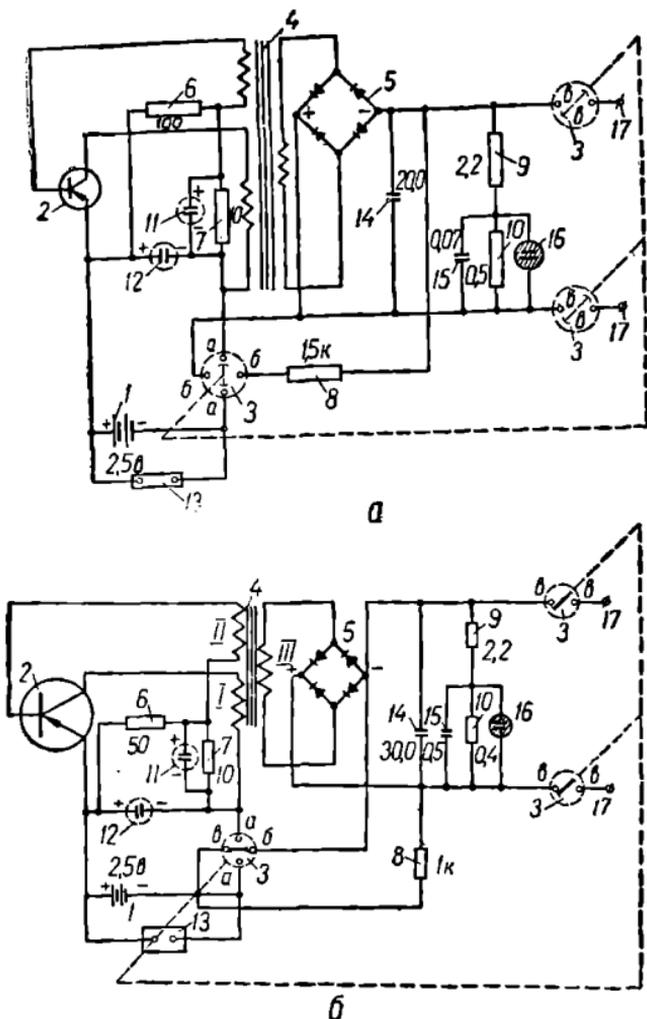


Рис. 32. Схемы взрывных машинок:

а — ВМА-50/100; б — ВМА-100/300; 1 — аккумулятор; 2 — герметизированный триод (П-4); 3 — переключатель рода работы; 4 — трансформатор; 5 — выпрямитель; 6, 7 — сопротивления; 8 — разрядное сопротивление; 9, 10 — сопротивление релаксатора; 11, 12 — конденсаторы; 13 — зарядное гнездо; 14 — конденсатор-накопитель; 15 — конденсатор релаксатора; 16 — цеоновая сигнальная лампочка; 17 — линейные зажимы.

заданию Гипроуглеавтоматизации изготовил опытные образцы искробезопасных высокочастотных взрывных машинок типа АВВИМ-1/20, принцип работы которых состоит в автоматической посылке в электровзрывную цепь искробезопасного высокочастотного импульса тока, генерируемого ламповой схемой, питаемой от сухих галетных батарей. Машинка состоит из блока питания, включающего в себя малогабаритные серебряно-цинковые аккумуляторы, преобразователь на кристаллическом триоде и конденсаторы-накопители, и импульсного лампового генератора.

Машинка развивает импульс в 25—30 мсек с амплитудой напряжения 160 в при частоте 30—35 кГц.

Центральной научно-исследовательской лабораторией Госгортехнадзора РСФСР разработан комбинированный взрывной прибор, объединяющий в одной конструкции взрывную машинку, газоанализатор и омметр.

Московским электромеханическим заводом выпускаются конденсаторные взрывные машинки КПМ-1 и КПМ-2, предназначенные для взрывания электродетонаторов при проведении взрывных работ на поверхности и в шахтах, не опасных по газу и пыли. Машинка КПМ-1 заключена в пластмассовый корпус, КПМ-2 — в корпус из стекловолокнита или штампованного алюминия.

Принцип работы этих машинок заключается в мгновенном разряде на электровзрывную цепь энергии конденсаторов-накопителей, заряжаемых через твердые выпрямители от индуктора с ручным приводом.

Сила тока во взрывной сети при разрядке конденсаторов определяется по формуле

$$I = \frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} = N \left(\ln \frac{U}{R} - \frac{t}{R \cdot C} \ln e \right),$$

где I — сила тока, посылаемого во взрывную сеть при разрядке конденсаторов, *а*;

R — сопротивление взрывной сети, *ом*;

U — напряжение конденсатора, *в*;

t — момент времени, для которого определяется сила тока, *сек*;

C — емкость конденсатора, *мкф*.

Величина импульса тока, проходящего во взрывную сеть за время включения конденсатора t ,

$$K = \frac{U^2 \cdot C}{2R} (1 - e^{-\frac{2t}{R \cdot C}}).$$

Максимально допустимое сопротивление электровзрывной сети, при котором гарантирует безотказное взрывание группы последовательно соединенных детонаторов, определяется по формуле

$$R_{\text{посл}} \leq \frac{U^2 C}{2K_{\text{макс}}} \left(1 - \frac{i_{\text{макс}}^2 C^2 \cdot U^2}{K_{\text{макс}}^2} \right) \text{ ом}$$

при соблюдении следующих условий:

$$t_{\text{в. макс}} - t_{\text{в. мин}} = \frac{CR_{\text{посл}}}{2} \times$$

$$\times \ln \frac{U^2 C - 2K_{\text{мин}} R_{\text{посл}}}{U^2 C - 2K_{\text{макс}} R_{\text{посл}}} \leq t_n;$$

$$C \geq \frac{2K_{\text{макс}} \cdot R_{\text{посл}}}{U^2},$$

где $K_{\text{мин}}$ — импульс воспламенения наименее чувствительного детонатора, ($\text{ма}^2\text{сек}$);
 $K_{\text{макс}}$ — импульс воспламенения наиболее чувствительного детонатора, ($\text{ма}^2\text{сек}$);
 $i_{\text{мин}}$ — минимальный воспламеняющий ток для данных электродетонаторов, a ;
 $t_{\text{в.макс}}$ — время воспламенения наиболее чувствительного электродетонатора, мсек ;
 $t_{\text{в.мин}}$ — время воспламенения наименее чувствительного электродетонатора, мсек ;
 t_n — минимальное время передачи электродетонаторов, мсек ;

При последовательно-параллельном соединении сети для гарантийного взрывания ее сопротивление не должно превышать величины, определяемой по следующей формуле:

$$R = \frac{R_{\text{посл}}}{m^2},$$

где $R_{\text{посл}}$ — сопротивление последовательно соединенных электродетонаторов, определенное по вышеприведенной формуле;

m — количество параллельно соединенных групп.

Проверка исправности электрической части взрывных машинок производится при помощи специального прибора ПКВИ-2, разработанного МакНИИ. Прибор позволяет измерять длительность импульса от нуля до 8 мсек и напряжение амплитуды импульса, соответствующее четырем типам взрывных машинок. Прибор заключен в пыле- и влагонепроницаемую оболочку, исполнение его рудничное нормальное, питание при-

76. Основные технические данные взрывных машинок, применя-

Показатель	Тип взрывной		
	ВМК-3/50	ВМК-1/35	ВМК-1/100
Величина воспламенительного импульса при внешнем сопротивлении 35 ом, $a^2/сек$. . .	—	$50 \cdot 10^{-3}$	—
Величина воспламенительного импульса при внешнем сопротивлении 60 ом, $a^2/сек$. . .	—	—	—
То же при 55 ом	Не менее $50 \cdot 10^{-3}$	—	$50 \cdot 10^{-3}$
» 70 »	—	—	—
» 90 »	—	—	—
» 110 »	—	—	—
» 120 »	—	—	—
» 160 »	—	$3 \cdot 10^{-3}$	—
» 250 »	—	—	—
» 300 »	Не менее $3 \cdot 10^{-3}$	—	$3 \cdot 10^{-3}$
» 700 »	—	—	—
» 1000 »	—	—	—
Длительность воспламенительного импульса, сек	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Напряжение воспламенительного импульса, в	450	400	600
Емкость конденсатора-накопителя, мкф	40	10	»
Количество одновременно взрывааемых соединенных последовательно электродетонаторов с константановыми мостиками накаливания при общем сопротивлении электро-взрывной цепи:			
до 35 ом, шт.	—	До 25	—
» 55 » «	До 50	—	До 50
» 110 » «	—	—	—
» 120 » «	—	—	—
То же, с нихромовыми мостиками накаливания при общем сопротивлении цепи:			
до 70 ом, шт.	—	—	—
» 90 » »	—	—	—
» 160 » »	—	До 50	—

емых на горных предприятиях СССР

машинки

ВМА-50/100	ВМА-100/300	БКВМ-1/30	БКВМ-1/50	АВВИМ-1/20	КПМ-1	КПМ-2
—	—	—	—	—	—	—
50 · 10 ⁻³	—	—	50 · 10 ⁻³	—	50 · 10 ⁻³	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	3 · 10 ⁻³	—	—
—	50 · 10 ⁻³	3 · 10 ⁻³	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	50 · 10 ⁻³
—	—	—	—	—	—	—
3 · 10 ⁻³	—	—	30 · 10 ⁻³	—	—	—
—	—	—	—	—	3 · 10 ⁻³	—
—	3 · 10 ⁻³	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	3 · 10 ⁻³
3 · 10 ⁻³	3 · 10 ⁻³	3 · 10 ⁻³	3 · 10 ⁻³	3,0—3,5 · 10 ⁻³	—	—
500	600	120	450	—	1500	1500
20	30	120	40	40	2	6
—	—	—	—	—	—	—
До 50	—	—	До 50	—	До 40	—
—	До 100	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	До 100
—	—	До 30	—	До 20	—	—
—	—	—	—	—	—	—

Показатель	Тип взрывной		
	ВМК-3/50	ВМК-1/35	ВМК-1/100
До 250 ом, шт.	—	—	—
» 300 » »	До 100	—	До 100
» 700 » »	—	—	—
» 1000 » »	—	—	—
Источник энергии	Индуктор с ручным приводом, заряжающий конденсаторы-накопители	Металлбумажные конденсаторы типа МБГО, заряжаемые от индуктора с ручным приводом	
Время подготовки к действию, сек	10—15	5—10	5—10
Внешние размеры, мм	Высота 215 Диаметр 108	150×120× ×74	150×120× ×82
Полный вес, кг	4,2	2,2	2,4
Исполнение	Взрывобезопасное (РВ)	Взрывобезопасное (РВ)	
Срок службы машинки без замены узлов и деталей, циклов взрываний	Не менее 6000	Не менее 6000 циклов взрыва в течение 1 года эксплуатации	

бора осуществляется от сети напряжением 127 в, вес 8 кг. Техническая характеристика взрывных машинок приведена в табл. 76.

Для сейсмических работ сконструирована и выпускается специальная взрывная машинка СВМ-1, которая имеет устройство, обеспечивающее получение и передачу импульса в телефонную линию для регистрации момента взрыва, а также устройство для проверки проводимости взрывной цепи и моментной линии. Ниже приводится характеристика машинки СВМ-1.

машинки

ВМА-50/100	ВМА-100/300	БКВМ-1/30	БКВМ-1/50	АВВИМ-1/20	КПМ-1	КПМ-2
— До 100 — —	— До 300 — —	— — — —	До 80 — — —	— — — —	— — — —	— — — —
Герметизированные малогабаритные аккумуляторы с напряжением, <i>в</i> 2,5	Герметизированные малогабаритные аккумуляторы с напряжением, <i>в</i> 2,5	Галетная батарея 120- ПМЦГ- 0,15	До 80 — — — 450- ПМЦГ- 0,06	Аккумуляторная батарея	Конденсаторы-накопители, заряжаемые от индуктора с ручным приводом	До 300 — — —
30—60 168× ×174× ×64 2,3	До 60 168× ×174× ×64 2,4	5—10 172× ×114× ×81 1,9	5—10 198× ×148× ×99 3,9	10 190×115×170 5,8	До 60 103× ×87× ×166 2,3	До 60 103×87× ×166 7,8 Нормальное
Не менее 6000 циклов	Не менее 6000 циклов	Один год эксплуатации	Один год эксплуатации	Не менее 5000 циклов	2000 циклов взрываний в течение года	2000 циклов взрываний в течение года

Принцип зарядки Батарея

Напряжение воспламенительного импульса, *в* 230

Предельное количество последовательно соединенных детонаторов с никромовым мостиком, шт. 30 *

Предельное сопротивление цепи, *ом* 150Основные размеры машинки, *мм* 270 × 110 × 200Вес, *кг* 5,5

Исполнение Нормальное

* Электродетонаторы низкой чувствительности ЭД № 8 и ЭДС,

ЦНИЛ Госгортехнадзора РСФСР разработал прибор ПМС-220 (переносная взрывная станция), предназначенный для ведения взрывных работ в условиях карьеров от сети переменного тока напряжением 220 в.

Прибор ПМС-220 имеет следующую техническую характеристику:

Количество одновременно взрываемых, соединенных последовательно электродетонаторов с нихромовыми мостиками накаливания, шт.	До 70
Общее сопротивление электровзрывной цепи, ом . . .	До 210
Длительность воспламенительного импульса, сек	До 5.10—3
Количество параллельных электровзрывных цепей	До 80
Напряжение сети переменного тока частотой 50 гц, в	Не ниже 200
Количество включений	До 20 000
Размеры, мм	173 × 90 × 63
Вес, кг	1,6
Исполнение	Нормальное, пыле-влагозащищенное

Взрывные машинки, применяемые за рубежом, не имеют принципиального отличия от конструкций машинок отечественных марок.

В табл. 77 и 78 приведены данные о конструкциях взрывных машинок некоторых западногерманских и австрийских фирм.

Все машинки, приведенные в табл. 77, взрывают последовательно соединенные взрывные сети при гарантийном токе 1,2 а и обеспечивают отключение сети от машинки через 4 мсек. Приводятся в действие с помощью съем-

77. Характеристика некоторых западногерманских и австрийских взрывных машинок (по В. А. Ассону)

Фирма-изготовитель	Марка машинки	Размеры, мм	Вес, кг	Предельное сопротивление сети, ом	Предельное количество последовательно соединенных электродетонаторов в сети
Горно-промышленное общество «Карл Бохум (ФРГ) Фирма «Эрнст Брюн», Крефельд (ФРГ)	B10K	—	—	—	10
	B20K	126×80×113	2,3	110	20
	B50K	160×180×340	12,8	260	50
	ZEB/DA50K	180×188×315	11,0	360	50
	ZEB/A10K	138×77×137	2,0	60	10
	ZEB/A20K	138×77×137	2,0	110	20
	ZEB/Sp10K	138×77×150	2,3	—	10 (высокого сопротивления)
	ZEB/A80K	188×188×315	11,0	460	80
	ZEB/Sp25K	188×188×315	11,0	—	25 (высокого сопротивления)
	ZEB/A10M3	120×79×150	2,6	6,0 (в группе)	3 группы по 10 шт.
ZEB/A10M7	170×79×159	2,9	60 (в группе)	7 групп по 10 шт.	
ZEB/A80/KC (конденсаторная)	400×310×270	34,5	80	электродетонаторов, соединенных параллельно при сопротивлении каждого до 4 ом	
Акционерное общество «Шаффлер & Ко» (Вена)	DKMS20K	140×106×150	2,7	110	20
	ABFVAS50K	160×110×95	4,9	260	50
	ABFVAS80K	165×110×200	5,2	410	80

78. Характеристика некоторых западногерманских и австрийских контрольных и измерительных приборов (по В. А. Ассонову)

Фирма	Назначение прибора	Марка	Характеристика
Горнопромышленное общество «Карл Бохум (ФРГ)	Испытатель взрывных машинок	PGK	Служит для испытания трех типов машинок этой фирмы, показывает исправность машинки яркой вспышкой лампы
	Испытатель взрывных машинок	PGKS	То же, во взрывобезопасном исполнении
Фирма «Эрнст Брюн» (ФРГ)	Испытатель взрывных машинок	ZEB/P	Размеры: диаметр 60 мм; высота 58 мм. Вес 0,13 кг. Показывает исправность машинки яркой вспышкой лампы
	Взрывной испытатель	ZEB/J	Имеет включенное сопротивление 150 ом. Вес 0,175 кг. Работает от элемента в 1,5 в
	Омметр	ZEB/AW31	Измеряет сопротивление от 0 до 1000 ом. Корпус из папье-маше
	То же »	ZEB/AW16 ZEB/CW	То же, корпус из пластмассы Служит для измерения сопротивления при употреблении конденсаторной взрывной машинки. Измеряет сопротивление от 0 до 10 ом

Продолжение таб.

Фирма	Назначение прибора	Марка	Характеристика
Акционерное общество «Шэфлер и К ^о » (Вена)	Испытатель взрывных машинок Испытатель взрывных машинок Комбинированный испытатель взрывных машинок с омметром То же	Ohplex	Служит для испытания машинок этой фирмы. Переменное сопротивление до 1200 ом. Испытательный ток от 1 до 3 а. Исправность показывается вспышкой неоновой лампы
		Solex	То же, но с регулируемым сопротивлением
		Dreo	Измеряемое сопротивление от 0 до 1000 ом. Работает от 1,5 в сухого элемента. В пластмассовом корпусе
	То же	Dreome	То же, в корпусе из легкого металла

79. Значения q_1 для различных горных пород (по В. А. Ассонову)

Породы	Категория пород	Коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову	q_1 , кг/м ²
Очень крепкие кварцитовые песчаники	Внекатегорные		15—20 1,2—1,5
Очень крепкие граниты и гнейсы. Базальт и другие кристаллические породы. Исключительные по крепости известняки, песчаники и доломиты			

Продолжение табл.

Породы	Категория пород	Коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову	q_1 , кг/м ²
Плотные граниты, кварцитовые песчаники, диориты. Мелкозернистые, монокристаллические песчаники и известняки, гнейсы	I	10—15	1,0—1,1
Некрепкий гранит, плотные песчаники и известняки. Колчеданы, крепкие мраморы и доломиты	II	8	0,7—0,8
Крепкие песчано-глинистые и глинистые сланцы. Сланцевые и глинистые песчаники. Крепкие глинистые сланцы с включением колчедана. Мягкие песчаники и известняки	III	4—6	0,4—0,6
Глинистые и углистые сланцы средней крепости, плотный мергель. Слабые песчанистые сланцы	IV	2—3	0,3—0,2
Трещиноватые разрыхленные известняки и доломиты. Слабые глинистые и углистые сланцы. Антрацит. Крепкий каменный уголь	V	2	0,15

ной рукоятки, за исключением машинки марки ZEB/ДА50К, которая приводится в действие нажимом зубчатой рейки.

Интересны конструкции машинок для взрывания электродетонаторов высокого сопротивления, безопасных в отношении блуждающих токов, а также машинок для взрывания параллельно и последовательно-параллельно соединенных электродетонаторов.

Расчет шпуровых зарядов и их конструкция

Величина шпурового заряда на одну заходку определяется по формуле

$$Q = qV,$$

где q — удельный расход ВВ на одну заходку, кг;

V — объем обуренной породы на одну заходку, м³.

Удельный расход ВВ (q) может быть определен по формуле Н. М. Покровского

$$q = q_1 \cdot f \cdot v \cdot e,$$

где q_1 — нормальный удельный расход ВВ в зависимости от свойств пород (табл. 79);

f — коэффициент структуры пород (табл. 80);

v — коэффициент сопротивления породы отрыву от массива (коэффициент зажима);

e — коэффициент работоспособности ВВ (табл. 81).

80. Значения коэффициента структуры пород f (по В. А. Асонову)

Породы	f
Вязкие, упругие, пористые	2
Дислоцированные, с неправильным залеганием, с мелкой трещиноватостью	1,4
С сланцевым залеганием и меняющейся крепостью; с напластованием, перпендикулярным направлению шпура	1,3

81. Значения коэффициента работоспособности ВВ (по Н. М. Покровскому)

ВВ	e
83%-ный динамит	0,8
62-%ный динамит	1,0
Аммонит № 6	1,05
Аммонит № 7 и № 7ПВ	1,1
Динафиталит зерненный	1,2
Предохранительный аммонит № 8 и № 8ПВ .	1,6
Предохранительный породный аммонит АП-2 и АП-2ПВ	1,3

Значения коэффициента v при одной обнаженной плоскости определяют по формуле

$$v = \frac{12,5}{\sqrt{S}},$$

где S — площадь поперечного сечения выработки, m^2 .

При двух обнаженных поверхностях $v = 1,2—1,5$.

Для вертикальных стволов сечением более $20 m^2$ удельный расход ВВ можно определять по формуле Э. О. Миндели

$$q = q_1 \cdot e \cdot l \cdot d,$$

где q_1 — нормальный удельный расход ВВ (табл. 82);

e — коэффициент работоспособности ВВ (табл. 81);

l — коэффициент, учитывающий влияние глубины шпуров (табл. 83);

d — коэффициент, учитывающий влияние диаметра патронов ВВ. При диаметре

патрона 31 мм $d = 1$ и при диаметре патрона 45 мм $d = 0,85$.

82. Значения нормального удельного расхода q_1 в зависимости от характера пород (по Э. О. Миндели)

Характеристика пород	q_1 , кг/м ³
Крепкие известняки и песчаники, кремнистый сланец, роговики, крепкие доломиты . . .	2,0
Обыкновенные песчаники, граниты, известняки и доломиты	1,5
Некрепкий песчаник и известняк, некрепкий гранит	1,4
Сланцы, мягкий известняк, разрушенный песчаник	1,1
Крепкий глинистый сланец	0,8
Крепкий каменный уголь, гипс, мягкий сланец	0,6

83. Значения коэффициента l в зависимости от глубины шпуров

Глубина шпуров, м . . .	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Значение коэффициента l	1,35	1,15	1,0	1,05	1,20	1,30

Для условий прохождения горизонтальных и наклонных выработок сечением от 5 до 18—20 м² по породам с коэффициентом крепости $5 < f \leq 20$ Э. О. Миндели рекомендует определять оптимальную величину удельного расхода ВВ по формуле

$$q = \left(\beta + \sqrt{\frac{f-4}{1,8}} \right) c. k. e. \psi,$$

где β — коэффициент, учитывающий влияние сечения горной выработки на величину удельного заряда ВВ (табл. 84);

84. Значение коэффициента β в зависимости

Сечение выработки, м ² вчерне	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
Значение коэффициента β	1,91	1,48	1,2	0,94	0,76	0,6	0,49

от площади поперечного сечения выработки

Сечение выработки, м ² вчерне	11	12	13	14	15	16	18
Значение коэффициента β	0,38	0,3	0,22	0,19	0,12	1,12	0,08

f — коэффициент крепости пород по шкале проф. Протодяконова;

k — коэффициент, учитывающий влияние глубины шпуров ВВ на величину удельного заряда (табл. 85);

85. Значения коэффициента k в зависимости от глубины шпуров и крепости пород

Породы	Коэффициент крепости f	Глубина шпуров			
		1,5	2,0	2,5	3,0
Песчаники . . .	10,0	1,0	1,06	1,11	—
»	8—10	1,0	0,9	1,0	—
Сланцы	4—6	1,0	0,8	0,85	—
Уголь —сланцы	3—2	1,0	0,8	0,77	0,91

c — коэффициент, учитывающий влияние диаметра патронов ВВ (табл. 86);

86. Значения коэффициента c в зависимости от диаметра патронов ВВ

Диаметр патронов ВВ, мм	31,0	36,0	40	45
Значение коэффициента c	1,0	0,94	0,9	0,85

e — коэффициент, учитывающий относительную силу ВВ (табл. 87);

ψ — коэффициент, учитывающий плотность заряжения.

Учитывается только при условии раздавливания патронов ВВ в шпуре и в этом случае принимается равным 0,8—0,78.

87. Значения коэффициента e в зависимости от типа ВВ (по Э. О. Миндели)

ВВ	e
62%-ный динамит	1,0
Аммонит № 6 и № 7 (породный)	1,2
Аммонит АП-2, АП-2ПВ	1,3
Аммонит № 8	1,6
Аммонит ПЖВ-20	1,36
Победит ПУ-2	1,5
Скальный аммонит № 1	1,08

Шпуровые заряды бывают: колонковые, котловые, рассредоточенные (ярусные).

При колонковом заряде патроны ВВ располагают вплотную друг к другу. Патрон-боевик в шахтах, опасных по газу или пыли, располагается первым от устья шпура (дно капсюля детонатора должно быть направлено ко дну шпура). В железорудных шахтах патрон-боевик обычно размещают первым от забоя шпура.

Котловые заряды применяют на открытых работах и при проведении выработок в весьма крепких и большой вязкости породах при сложном напластовании. В ряде случаев при большой крепости пород производят до 6—8 прострелок. Метод котловых шпуров получил ограниченное распространение из-за присущих ему недостатков: большие затраты времени на прострелку и последующую очистку шпуров, необходимость многократного проветривания забоя, уменьшение устойчивости боковых пород выработки при многократном взрывании и др.

Рассредоточенными называются заряды, когда патроны ВВ располагаются группами, между которыми находится забойка.

В последнее время применяют конструкцию заряда с воздушным промежутком. Сущность его заключается в том, что на дно шпура при отбойке угля кладут 1—2 патрона ВВ, а между ними и забойкой оставляют воздушный промежуток. Такая конструкция заряда способствует лучшему использованию энергии ВВ и уменьшает степень переизмельчения угля.

ВЗРЫВАНИЕ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЫРАБОТОК

Взрывные работы при проходке вертикальных стволов шахт

Без правильной организации взрывных работ невозможно добиться увеличения темпов проходки шахтных стволов и повышения производительности труда. Взрывные работы при проходке стволов могут считаться успешными, если при этом достигается:

а) равномерное дробление породы в заходке с максимальным выходом мелких фракций, что облегчает и ускоряет процесс погрузки породы наиболее производительным механизированным способом;

б) максимальный коэффициент использования шпура, т. е. отрыв и дробление породы на глубину, равную (при к. и. ш.-1) или приближающуюся к глубине, на которую пробурены шпуры в данной заходке *;

в) минимальный перебор породы, т. е. наиболее возможное приближение полученного при взрыве комплекта шпуров сечения к проектному, что значительно снижает расходы по погрузке и выдаче породы и особенно по креплению;

г) обеспечение максимальной степени безопасности (отсутствие отказов и выгорания зарядов и т. п.);

д) минимальный расход ВВ и шпуров;

е) минимальные нарушения взрывом комплекта шпуров породных стенок ствола, а также временной и постоянной крепи.

Основные факторы, влияющие на эффективность взрывных работ, могут быть разделены на две группы:

1) не поддающиеся изменению (физико-механические свойства пород, сечение выработки, которое в каждом конкретном случае остается неизменным, угол падения пород и некоторые другие); они не могут быть произвольно изменены для улучшения результата;

* Коэффициентом использования шпура (к. и. ш.) называется отношение глубины заходки, полученной при взрыве комплекта шпуров, к фактической глубине шпуров.

2) поддающиеся изменению, как, например, глубина и диаметр шпуров, свойства ВВ (в части возможности замены одного сорта другим, более подходящим для данных условий), способы зарядки и забойки шпуров, очередность взрывания и др.

На проходке шахтных стволов в крепких породах применяется исключительно метод шпуровых зарядов, обеспечивающий мелкое и равномерное дробление породы, простоту применения и не требующий сложного бурового оборудования. Необходимым условием для получения высокого эффекта взрыва является правильное расположение шпуров, которое фиксируется специально составляемым паспортом на ведение буровзрывных работ.

Практикой установлено, что наибольший эффект взрыва достигается при расположении шпуров параллельно обнаженной поверхности, что возможно при наличии не менее двух обнаженных поверхностей. Поскольку при проходке стволов забой, как правило, имеет одну обнаженную поверхность, для образования дополнительной поверхности обнажения в средней части забоя взрывают (с опережением по отношению к остальным) группу шпуров, которые носят названия врубовых, а углубление в забое, образованное взрывом этих шпуров, называется врубом. Характеристика врубов приводится в табл. 88.

Шпуры в забое ствола круглого сечения располагаются по окружностям, причем в зависимости от диаметров применяемых патронов ВВ и поперечных размеров ствола число окружностей составляет:

88. Характеристика врубов, применяемых при проходке вертикальных стволов шахт

Наименование вруба и расположение шпуров	Характеристика вруба	Условия применения	
		Форма сечения выработки	Напластование и крепость пород
Конусообразный (воронкообразный) вруб при применении шпуров обычного и большего диаметра	Врубные шпуров образуют усеченный конус	Круглая	Крепкие и средней крепости монолитные породы при пологом и наклонном их напластовании
Пирамидальный вруб	Врубные шпуров располагаются в виде четырехгранной пирамиды	Прямоугольная	То же
Клиновой	Врубные шпуров образуют клин, заложный по простиранию пород. Для уменьшения разлета породы и повышения эффективности взрыва иногда бурят 4—6 вспомогательных вертикальных шпуров по оси вруба. Глубина этих шпуров в два раза меньше средней глубины шпуров комплекта	Круглая, прямоугольная	Крепкие и средней крепости породы при крутом напластовании

Продолжение табл.

Наименование вруба и рас- положение шпуров	Характеристика вруба	Условия применения	
		Форма сечения выработки	Напластова- ние и крепость пород
Цилиндри- ческий	Все шпуры, за ис- ключением оконтуривающих, располагаются перпендикулярно к плоскости забоя. Для улучшения дробления породы и повышения к. и. ш. в центральной части врубовых шпуров бурят дополнительно 1—3 вспомогательных шпура глубиной 0,75—0,8 средней глубины шпуров комплекта	Круглая	Монолитные и слоистые породы с коэффициентом крепости до $f=9$ при пологом наклонном и крутом напластовании
Цилиндри- ческий (призматический) вруб с разрезной скважиной	То же, с бурением в центре ствола скважины, которая остается незаряженной и служит дополнительной обнаженной плоскостью при взрыве врубовых шпуров. Вспомогательные шпуры в центральной части вруба не бурятся	Круглая	Монолитные и крепкие породы при пологом и наклонном напластовании

Продолжение табл.

Наименование вруба и расположение шпуров	Характеристика вруба	Условия применения	
		Форма сечения выработки	Напластование и крепость пород
Пирамидальный вруб с разрезной скважиной	Врубовые шпуровы располагаются в виде четырехгранной пирамиды. В центре выработки бурится скважина, которая составляет незаряженной и служит дополнительной плоскостью при взрыве врубовых шпуров, а также для целей вентиляции и пропуска каната подвесного полка, с которого производится бурение и зарядка шпуров	Прямоугольная (при проходке восстающих)	Монолитные и крепкие породы при пологом и наклонном напластованиях

а) при диаметре патронов 32—36 мм и диаметре ствола до 7 м — 4 окружности, свыше 7 м — 4—5 окружностей;

б) при диаметре патронов ВВ 45 мм и диаметре ствола до 7 м и свыше 7 м соответственно 3 и 3—4 окружности. Диаметр окружности, на которой располагаются врубовые шпуровы, и количество врубовых шпуров также принимаются в зависимости от поперечных размеров выработки и диаметра патронов ВВ (табл. 89).

89. Рекомендуемые параметры вруба (по данным УкрНИИОМШС)

Показатель	В породах с коэффициентом крепости			
	до 6		от 7 до 25	
	Диаметр ствола в проходке, м			
	до 7	более	до 7	более 7
Диаметр окружности врубовых шпуров, м:				
при диаметре патронов ВВ 32—36 мм	1,6—2,0	1,8—2,2	1,6—2	1,8—2,2
при диаметре патронов ВВ 45 мм . . .	1,8—2,2	2—2,6	1,8—2,2	2,0—2,6
Количество врубовых шпуров:				
при диаметре патронов ВВ 31—36 мм . .	5—6	6—7	7—8	8—10
при диаметре патронов ВВ 45 мм . . .	4—5	5—6	5—6	6—7

При проходке ствола шахты по породам с пологим падением диаметр окружности оконтуривающих (периферийных) шпуров принимается в зависимости от крепости пород на 0,3—0,6 м меньшим диаметра ствола в проходке. Вспомогательные шпуры располагаются на 2—3-х окружностях, диаметры которых определяются в каждом конкретном случае с учетом принципа равномерного размещения шпуров по забою.

Так, например, при размещении всего комплекта шпуров в забое по трем окружностям окружность вспомогательных шпуров располагается посередине между врубовой и оконтуривающей.

Вспомогательные (отбойные) шпуры бурятся под углом наклона к горизонтальной плоскости $75-85^\circ$, оконтуривающие — под углом 85° и направляются от центра ствола в сторону породной стенки. Соотношения между числами врубовых отбойных и периферийных шпуров рекомендуется принимать следующие (по данным УкрНИИОМШС):

при трех окружностях 1 : 2 : 3,6;
 при четырех окружностях 1 : 1,8 : 2,7 : 4,7;
 при пяти окружностях 1 : 1,5 : 2,1 : 2,8 : 5.

Удельный расход ВВ по данным УкрНИИОМШС для динамита в зависимости от крепости пород и диаметра патронов ВВ приведен в табл. 90.

90. Удельный расход ВВ

Коэффициент крепости пород по шкале проф. Протодьяконова	Удельный расход ВВ, кг/см ³	
	при диаметре патронов 32 и 36 мм	при диаметре патронов 45 мм
2—3	0,7—0,8	0,56—0,64
4—6	0,9—1,1	0,72—0,88
7—9	1,2—1,5	0,96—1,2
10—14	1,6—2,1	1,28—1,68
15—20	2,2—2,9	1,76—2,32
21—25	3 —3,8	2,4 —3,04

Удельный расход 62%-ного динамита и аммонита № 6 в зависимости от крепости породы

и поперечных размеров ствола приведены в табл. 91.

91. Удельный расход динамита

Категория пород по ЕНБ	Коэффициент крепости	ВВ	Сечение ствола в проходке, м ²							
			До 25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—60	61—70
X—XI	15—25	62%-ный динамит труднозамерзающий	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
IX	10—14	Аммонит № 6 прессованный, зерненный, порошкообразный	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
		62%-ный динамит труднозамерзающий	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8
VII	7—9	Аммонит № 6 прессованный, зерненный, порошкообразный	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8
		82%-ный динамит	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
VI—VII	4—6	Аммонит № 6 прессованный, зерненный, порошкообразный	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
		62%-ный динамит	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1
V	2—3	Аммонит № 6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
		62%-ный динамит	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
VI	1—1,5	Аммонит № 6	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
		62%-ный динамит	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
		Аммонит № 6	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4

При применении других сортов ВВ следует пользоваться переводным коэффициентом, значения которого приведены ниже.

Коэффициенты, характеризующие весовые эквиваленты взрывчатых веществ

62%-ный труднозамерзающий ди- намит	1
Скальный аммонит № 1	1
Аммонал ВА-2, ВА-4, ВА-8	0,98
Детониты 6А, 10А, 15А	1,05—1,08
Аммонит № 6 и № 6 ЖВ	1,1
Аммонит № 7 и № 7ЖВ, В-3	1,13
Победит ВП-2	1,23
Динафталит	1,23
Аммонит АП-5ЖВ	1,27
Аммонит АП-2, АП-2ПВ, АП-4ЖВ	1,31
Победит ВП-1	1,45
Аммонит ПЖВ-20, АП-1	1,45

Большое значение имеет правильно выбранная глубина шпуров, которая должна приниматься в зависимости от наличия бурового оборудования, крепости пород, поперечных размеров ствола и принятой организации работ, чтобы иметь возможность завершить проходческий цикл в течение целого числа смен и в течение смены целого числа циклов. При крепости пород $f = 10—25$ глубина шпуров может быть принята равной 1,5—2 м, в менее крепких породах ее целесообразно увеличивать до 2,2—3 м. При этом следует иметь в виду, что глубина врубовых шпуров должна приниматься на 10—20% больше, чем остальных.

Количество шпуров в комплекте на одну заходку в стволе шахты рекомендуется определять по формуле УкрНИИОМШС:

$$N = 12,7 \frac{qS}{k \cdot d^2 p},$$

- где q — удельный расход ВВ, $кг/м^3$;
 S — площадь поперечного сечения ствола в проходке, $м^2$;
 k — коэффициент заполнения шпура, равный 0,6—0,7 для патронов диаметром 32—36 мм и 0,35—0,45 при диаметре патронов ВВ 45 мм;
 d — диаметр патронов ВВ, $см$;
 p — плотность ВВ в патронах, $г/см^3$.

Количество шпуров в окружностях принимается из условия, что объем обуренной породы, приходящийся на каждый шпур (кроме врубовых и в особых условиях периферийных, о чем будет сказано ниже), был бы примерно одинаковым.

Коэффициент использования шпура, пути его повышения. Способы снижения переборов породы

Коэффициентом использования шпура (к. и. ш.) называется отношение глубины заходки, полученной при взрыве комплекта шпуров, к фактически пробуренной глубине шпуров. Наряду с качеством дробления породы и правильностью оконтуривания сечения ствола к. и. ш. является наиболее важным показателем эффективности взрывания.

Для увеличения к. и. ш. особое внимание должно быть обращено на расположение и качество заряжания врубовых шпуров. Вес заряда каждого врубового шпура должен быть больше среднего веса заряда на шпур на 20—25%.

Одним из возможных направлений увеличения эффективности действия врубовых шпуров

является усиление заряда в нижней их части как за счет расширения нижней части шпуров, так и за счет применения комбинированного заряжения шпуров, при котором в нижнюю часть шпура помещается ВВ повышенной плотности и мощности. Таким образом, большая часть энергии взрыва ВВ концентрируется на границе массива с плоскостью желаемого отрыва забоя. Хороший отрыв врубовых шпуров обеспечивает высокий к. и. ш. всех остальных шпуров заходки.

Заслуживает внимания способ взрывания шпуров, предложенный трестом «Кривбассшахтопроходка» (двухсторонний концентрированный взрыв). Сущность его заключается в том, что после взрыва врубовых и первой окружности отбойно-вспомогательных шпуров в третью очередь взрывается не очередная третья окружность, а одновременно две полуокружности по восстанию, где порода испытывает меньший зажим, образуя дополнительное обнажение, облегчающее работу двум полуокружностям по падению, которые взрываются одновременно в четвертую очередь. При этом порода у основания шпуров не только отслаивается, но и выбрасывается взрывом, а подошва забоя со стороны падения выравнивается и получается неразрушенной, что положительно сказывается на производстве работ по оборудованию и взрыванию очередной заходки.

Применяя описываемый способ, трест «Кривбассшахтопроходка» добился повышения к. и. ш. до 0,87—0,91 в породах с коэффициентом крепости $f = 11—15$. Концентрация ВВ в нижней части шпура желательна при зарядке не только врубовых, но и всех остальных шпуров, причем

с повышением крепости пород значение этого фактора для повышения к. и. ш. возрастает. В связи с этим важность быстрой разработки пластичных и полупластичных ВВ повышенной мощности, дающих возможность достигнуть высокой плотности зарядки нижней части шнура, еще больше возрастает.

Повышению к. и. ш. способствует применение очень плотной забойки, имеющей прочное сцепление со стенками шнура и препятствующей преждевременному выходу газов через шпур. Практика показала, что лучшей забойкой для вертикальных шпуров является чистый гранулированный шлак. Для большей надежности работы врубовых шпуров и с целью уменьшения высоты выброса взорванной породы в центральной части клинового вруба бурят 4—6 вспомогательных вертикальных шпуров глубиной в два раза меньше средней глубины шпуров комплекта. При цилиндрическом или воронкообразном врубе 1—3 таких шнура бурят на глубину, равную $\frac{2}{3}$ средней глубины комплекта шпуров.

Повышению к. и. ш. способствует применение более мощных водоустойчивых ВВ, а также короткозамедленного взрывания, дублирующего детонирующего шнура (это особенно важно в глубоких шпурах), передовой центральной скважины, служащей в качестве дополнительной обнаженной плоскости для врубовых шпуров, отсутствие пересыпки между отдельными патронами ВВ в шпуре и т. п.

Практика проходки вертикальных шахтных стволов показала, что фактически переборы породы значительно превышают допускаемые. Если по действующим нормативам (СН и П на гор-

нопроходческие работы) при проходке и креплении ствола допускается перебор по контуру выработки в пределах 5—8% полезной выемки, определяемой наружным контуром шахтной крепи, то в практике переборы бывают значительно большими.

В Кривбассе, например, до 1959 г. они достигали 10—16% проектного сочетания выработок.

Устранение переборов пород хотя бы сверх допустимых нормами позволит повысить темпы проходки и производительность труда проходчиков на 10%, а также избавит от перерасхода крепежных материалов. Основной причиной больших переборов породы в стволах является неправильный выбор параметров буровзрывных работ и неточность перенесения их на забой. До последнего времени качество буровзрывных работ было принято оценивать по таким показателям, как дробимость пород, к. и. ш., удельный расход ВВ и трудоемкость бурения шпуров. Улучшению этих показателей в значительной мере способствовало применение шпуров увеличенного диаметра (под патроны ВВ диаметром 45 мм).

Однако точность оконтуривания продолжает оставаться низкой; например, при применении тубинговой крепи, требующей строительного зазора для монтажа тубингов, величина переборов превышает допускаемые в 2—2,5 раза.

С применением шпуров увеличенного диаметра, когда имеет место концентрация больших зарядов в отдельных шпурах и значительная зона действия взрыва, переборы породы еще больше возрастают, а также увеличивается трещинообразование и связанное с этим ослабление породных стенок выработки. Поэтому для

нормального оконтуривания проектной формы сечения ствола шпуры периферийной окружности заряжать ВВ в патронах диаметром 45 мм нецелесообразно.

Для зарядки периферийных шпуров необходимо применять ВВ в патронах диаметром 32 — 36 мм, при этом количество шпуров подсчитывается отдельно, исходя из объемов обуренной породы и других параметров.

При проходке стволов по крепким породам, как показала практика, взрыванием наклонных оконтуривающих шпуров вызывается трещинообразование, имеют место переборы, поэтому в последнее время начинают применять способ оконтуривания забоя с помощью параллельных шпуров. В этом случае обеспечивается одинаковый отрыв породы на всю высоту заходки и исключается перебор породы. Кроме того, следует отметить, что вертикальное направление периферийных шпуров упрощает и ускоряет бурение.

Если периферийные шпуры бурят наклонными, то угол наклона следует выбирать таким образом, чтобы в породах с крепостью $f \geq 8$ концы их на глубине обуренной заходки не выходили за проектный контур ствола, а в породах крепостью $t \leq 8$ — были на расстоянии 10 — 20 см от проектного контура ствола.

Высокая бризантность ВВ, помещаемых в периферийные шпуры, также оказывает значительное влияние на разрушение породных стенок ствола и образование на них трещин, заколов и других нарушений. После взрыва последующих комплектов шпуров эти трещины развиваются, что приводит к повторному обрушению породы со стенок, к необходимости в оборке заколов и

увеличению, таким образом, сечения ствола. Поэтому периферийные шпуров целесообразно заряжать ВВ с меньшей бризантностью, чем врубные и отбойные.

Практика показывает, что при прохождении шахтных стволов по породам, залегающим под углом, переборы со стороны висячего бока ствола больше, чем со стороны лежащего бока, так как в паспортах буровзрывных работ до сих пор влияние угла падения пород не учитывалось и расстояние от оконтуривающих шпуров до стенки ствола принималось одинаковым как со стороны лежащего, так и со стороны висячего бока.

Исследованиями, проведенными Институтом горного дела им. А. А. Скочинского, ЦНИИподземшахтостроем, трестом «Кривбассшахтопроходка» и другими организациями, установлено, что для учета падения пород в паспортах необходимо увеличивать расстояния между периферийными шпурами и стенкой ствола со стороны висячего бока умножением этого расстояния при горизонтальном залегании пластов на величину $(1 + \sin \alpha)$, где α — угол падения пластов пород.

Диаметр окружности периферийных шпуров обычно принимается в зависимости от крепости пород на 0,3—0,6 м меньше, чем диаметр ствола в проходке. Другим способом учета угла падения пород с целью избежать перебора является уменьшение зарядов периферийных шпуров со стороны висячего бока ствола на величину

$$K = \frac{1 + 0,5 \sin \alpha}{1 + \sin \alpha},$$

где α — угол падения пластов пород.

Количество периферийных шпуров с умень-

шенным зарядом должно составлять примерно $\frac{1}{3}$ от общего числа периферийных шпуров и располагаться на периферии сектора с цельным углом $100-120^\circ$

Для нормального оконтуривания проектной формы сечения ствола важно также выбрать оптимальное расстояние между периферийными шпурами в окружности. При диаметрах патронов ВВ 32—36 мм это расстояние не должно превышать 0,8—0,9 м, а при применении ВВ в патронах диаметром 45 мм — 1,0—1,2 м.

Таким образом, основными условиями повышения эффективности буровзрывных работ за счет увеличения к. и. ш. и снижения переборов являются:

а) оптимальный выбор параметров буровзрывных работ для каждого конкретного случая в зависимости от крепости, хрупкости и других свойств пород и применяемого ВВ;

б) бурение шпуров после тщательной зачистки забоя и разметки шпуров;

в) систематический контроль за строгим соблюдением паспортов буровзрывных работ, особенно в отношении расположения оконтуривающих шпуров при помощи специальных шаблонов для разметки шпуров;

г) систематический контроль за точностью оконтуривания забоя замерами фактических радиусов забоя (не менее 6—8) по контуру с последующей корректировкой паспорта буровзрывных работ;

д) повышение квалификации инженерно-технических работников, проходчиков и взрывников;

е) применение оконтуривающих шпуров уменьшенного диаметра (под патроны ВВ диаметрами 32—36 мм), пробуриваемых параллельно стенкам ствола;

ж) применение ВВ меньшей бризантности в оконтуривающем круге шпуров:

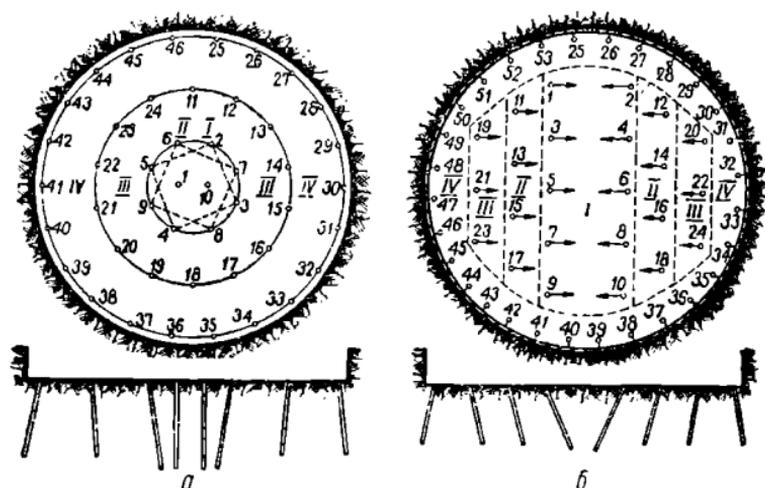


Рис. 33. Схемы короткозамедленного взрыва при проходке вертикальных стволов шахт:

а — для условий проходки стволов по горизонтально залегающим или моноклиновым породам; *б* — для условий проходки по породам, имеющим наклонное или крутое напластование.

з) применение для врубовых шпуров ВВ повышенной мощности и плотности;

и) применение короткозамедленного взрыва.

В крепких породах целесообразно применение двухстороннего концентрированного взрыва зарядов. В условиях Донбасса короткозамедленное взрывание может осуществляться по схемам, приведенным на рис 33, *а* и *б*.

Взрывание шпуров при проходке наклонных стволов может применяться как огневое (при угле наклона до 30°), так и электрическое; проходка вертикальных стволов ведется с помощью электрического взрывания иногда детонирующим шнуром или электроогневым способом. В соответствии с „Едиными правилами безопасности при взрывных работах“ взрывание шпуров на проходке и углубке стволов шахт и шурфов разрешается только с поверхности или с действующего горизонта.

Электровзрывная сеть в забое ствола шахты монтируется при помощи антенных проводов, натягиваемых на колышки такой высоты, чтобы вода не достигала антенны. После зарядки и монтажа электровзрывной сети производится ее проверка на целостность и общее сопротивление, которое должно быть равно расчетному или отличаться от него не более чем на 10%. Соединение электровзрывной сети может быть последовательное, параллельное и смешанное (параллельно-последовательное — когда электродетонаторы соединены в группы параллельно, а самые группы последовательно и, наоборот, при последовательно-параллельном) При взрывании зарядов от взрывной машинки применяется только последовательное соединение. Наиболее часто при проходке стволов взрывание осуществляется от электрической сети.

Если проверочный расчет электровзрывной сети показывает, что последовательное или параллельное соединение не обеспечивает гарантийной величины тока, следует применять смешанную схему (последовательно-параллельную).

Во избежание распространения блуждающих

токов и попадания их во взрывную цепь все металлическое оборудование, расположенное вблизи ствола (рельсы, трубы и т. п.), должно быть заземлено

Взрывные работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок

При проходке горизонтальных и наклонных выработок применяется исключительно шпуровой метод отбойки патронами ВВ диаметром 36 и 32 мм; при большом сечении (свыше 16 м²) может быть допущено к применению ВВ в патронах диаметром 45 мм, а при сечении 4—5 м² — в патронах диаметром 28 мм. Глубина шпуров может быть определена по формуле Н. М. Покровского

$$l_1 = \frac{T_{\text{ц}} - (Nt_{\text{зар}} + t_{\text{пр}})}{\frac{N}{kv} + \frac{\eta \cdot G_{\text{совм}} \cdot S \cdot \cos \alpha}{P}},$$

где l_1 — средняя длина шпуров в комплекте, м;

$T_{\text{ц}}$ — продолжительность проходческого цикла, ч;

N — количество шпуров в комплекте, шт.;

$t_{\text{зар}}$ — время, необходимое для заряжания одного шпура, ч;

$t_{\text{пр}}$ — продолжительность взрывания шпуров и проветривания забоя, ч;

k — количество бурильных машин, шт.;

v — скорость бурения одной машины в единицу общего времени, м/ч;

- $G_{\text{совм}}$ — коэффициент, учитывающий совмещение во времени процессов бурения и погрузки породы;
- η — коэффициент использования шпуров;
- S — площадь поперечного сечения выработки в проходке, m^2 ;
- α — угол наклона шпуров, град;
- P — производительность погрузки породы (в массиве) в единицу общего времени, $m^3/ч$.

Средняя глубина комплекта шпуров определяется из выражения

$$l = l_1 \cdot \cos \alpha.$$

В практике длина заходки определяется в зависимости от крепости породы, площади забоя, а также от принятой схемы организации и средств механизации проходческих работ и по данным УкрНИИОМШС имеет значения, приведенные в табл. 92

Глубина врубовых шпуров должна быть на 10—20% больше глубины всех остальных шпуров.

Количество шпуров при проведении подземных горных выработок зависит от физико-механических свойств породы, общей величины заряда ВВ, диаметра патрона ВВ, размеров поперечного сечения выработки, способа взрывания и др.

В табл. 93 приведены приближенные формулы для определения количества шпуров, предложенные различными авторами.

Шпуры в забоях с одной открытой поверхностью делят на врубовые, вспомогагельные, применяющиеся иногда для углубления и расширения

92. Рекомендуемые глубины шпуров в зависимости от крепости породы и сечения выработки f

Коэффициент крепости пород по Протодьяконову	Сечение выработки, m^2	
	до 12	более 12
	глубина шпуров	
1,5—3	2—3	2,5—3,5
4—6	1,5—2	2,2—2,5
7—25	1,2—1,8	1,5—2,2

93. Формулы для определения количества шпуров

Автор	Формула	Условные обозначения	Условия применения формулы
Проф. М. М. Протодьяконов	$n = 2,7 \sqrt{\frac{f}{S}}$ (приближенная)	n — количество шпуров на $1 m^2$ забоя; f — коэффициент крепости породы по шкале Протодьяконова; S — площадь поперечного сечения выработки, m^2	Проведение горизонтальных и наклонных горных выработок в породах с коэффициентом крепости не меньше 3; породы монолитные или со слабо развитой трещиноватостью. Диаметр патрона ВВ 32 мм, ВВ, 62%-ный диамит
Инж. В. М. Богомолов	$n = \left(\sqrt{0,2f} + \frac{1}{\sqrt{S}} \right)^2$ (уточненная 1926 г.)	То же	То же
Проф. Н. М. Покровский	$N = \frac{q \cdot S}{\gamma}$ Для нитро-	N — общее число шпуров в забое; γ — вес ВВ в 1 пог. м шпура (кг); определяет	Проведение капитальных и подготовительных выработок в породах с коэффициентом кре-

Продолжение табл.

Автор	Формула	Условные обозначения	Условия применения формулы
Проф. Н. М. Покровский	<p>глицериновых ВВ (динамитов)</p> $N_{\text{дин}} = 0,00075 \times \frac{q \cdot S}{a \cdot d^2}$ <p>Для аммонитов</p> $N_{\text{ам}} = 0,0012 \times \frac{q \cdot S}{a \cdot d^2}$	<p>ся из выражения</p> $\gamma = \Delta \cdot v_1 \times a \cdot k_1,$ <p>где Δ — плотность ВВ в патронах, кг/дм³; v_1 — объем ВВ, приходящийся на единицу длины шпура, дм³; a — коэффициент заполнения шпура взрывчатым веществом; принимается равным при проведении горизонтальных выработок в шахтах, опасных по газу или пыли; при взрывании по углю 0,5, по породе 0,66; в шахтах, не опасных по газу или пыли, $a = 0,80$; k_1 — коэффициент, учитывающий уплотнение ВВ в шпуре в процессе заряжания; d — диаметр шпура, м</p>	<p>пости по Протодьяконову от 2 до 6—8</p>

Продолжение табл.

Автор	Формула	Условные обозначения	Условия применения формулы
Ш. И. Ибраев	$N = 41S \times \frac{\sqrt{f-a} \sqrt{S}}{b \cdot d}$	<p>d — диаметр заряда в шпуре, мм;</p> <p>a — коэффициент, зависящий от вида выработки; для горизонтальных выработок $a = 0,25-0,3$; для стволов шахт $a = 0,12-0,15$ (меньшие значения коэффициента принимают при больших сечениях выработок);</p> <p>b — коэффициент, учитывающий свойства ВВ (мощность и плотность в заряде), для 62%-ного динамита $b = 1,2-1,4$; для аммонитов № 6 и № 7 $b = 0,9-1,0$; для аммонита АП-2 $b = 0,8-0,85$</p>	<p>Проведение горизонтальных, вертикальных и наклонных выработок в породах различной крепости, за исключением вязких и сильно трещиноватых при глубине шпуров до 3 м</p>
Э. О. Миндели	$N = \frac{q \cdot S \cdot m \cdot c}{a \cdot p} \times n_S \cdot n_{ВВ} \times n_l + k$	<p>m — длина одного патрона ВВ, м;</p> <p>p — вес одного патрона, кг;</p> <p>a — коэффициент заполнения</p>	<p>Проведение горизонтальных горных выработок по песчаникам, сланцам и углю</p>

Продолжение табл.

Автор	Формула	Условные обозначения	Условия применения формулы
Э. О. Миндели		<p>шпура, равный $0,7d^2$ $\frac{d^2}{d_1^2}$, где d — диаметр шпура; d_1 — диаметр заряда в шпуре; c — коэффициент, зависящий от диаметра патрона ВВ; принимается при диаметре патрона: 31 мм — 1,0; 36 мм — 0,89; 40 мм — 0,8; 45 мм — 0,71; n_S — коэффициент, зависящий от сечения выработки. При $S < 6 \text{ м}^2$ $n_S = 1,6$ — 1,7; При $S = 7 \text{ м}^2$ $n_S = 1,38$; при 8 м^2 — 1,28; 9 м^2 — 1,18; 10 м^2 — 1,08; 11 м^2 — 1,0; 12 м^2 — 0,93; 13 м^2 — 0,87; 14 м^2 — 0,82 и 15 м^2 — 0,77; $n_{ВВ}$ — коэффициент, зависящий от типа ВВ, Для скального аммонита № 1</p>	

Продолжение табл.

Автор	Формула	Условные обозначения	Условия применения формулы
Э. О. Миндели	$N = \frac{q \cdot S \cdot m \cdot c}{a \cdot p} \times$ $\times n_S \cdot n_{BB} \times$ $\times n_l + k$	$n_{BB} = 1,08;$ для аммонита АП-1 $n_{BB} = 1,3;$ № 8—1,6; № 6— 1,2; для 62%- ного динамита $n_{BB} = 1,2;$ n_l — коэффициент, зависящий от глубины шпуров; значения его приводятся ниже:	Проведение горизонтальных горных выработок по песчанникам, сланцам и углю

$l_{ш}, м$	1,5	2,0	2,5	3,0
Песчаники $f > 10$	1,0	1,06	1,11	—
То же $f = 8-10$	1,0	1,0	1,13	—
Сланцы $f = 4-6$	1,0	1,0	1,07	—
Уголь и сланцы $f = 2-3$	1,0	0,85	0,85	1,0

k — дополнительное количество шпуров для оконтуривания проектного сечения горной выработки; принимается равным 2—3 шпурам в зависимости от физико-механических свойств пересекаемых пород и состояния забоя

вруба, отбойные и оконтуривающие. Как и при проходке вертикальных выработок, большое значение имеет правильный выбор типа вруба.

По данным М. И. Беляева, врубы можно подразделить на:

а) односторонние, расположенные наклонно к плоскости забоя, когда врубовая щель с одной стороны оконтурена врубовыми шпурами, а с другой — одной из стенок выработки (врубные шпуры наклонные);

б) многосторонние, когда врубовая щель оконтурена врубовыми шпурами с двух или нескольких сторон (врубные шпуры также наклонные);

в) прямые, расположенные перпендикулярно к плоскости забоя, когда врубовые шпуры сближены так, чтобы при взрыве разрушалась перегородка, отделяющая их друг от друга (врубные шпуры в этом случае прямые)

К первой группе врубов относятся верхний, нижний, боковой и диагональный врубы, применяемые во всех подготовительных и капитальных выработках с поперечным сечением свыше 4 м^2 (рис. 34).

Верхний вруб (рис. 34,а) находит применение при проходке выработок в слоистых трещиноватых породах средней крепости при падении трещин и напластований от забоя, при этом врубовые шпуры пересекают слои и трещины примерно под прямым углом. Аналогично обстоит дело и с нижним врубом (рис. 34,б), который применяется при падении трещин и напластований на забой.

Боковой вруб (рис. 34,в) применяется при проведении выработок вдоль ясно выраженного

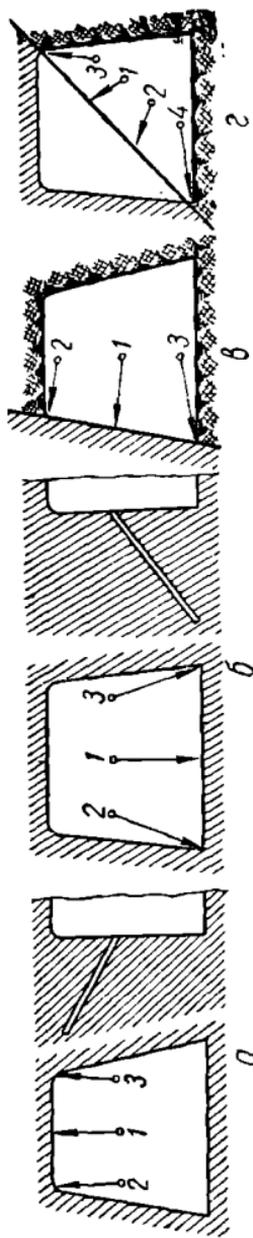


Рис. 34. Односторонние врубы: а — верхний; б — нижний; в — боковой; г — диагональный.

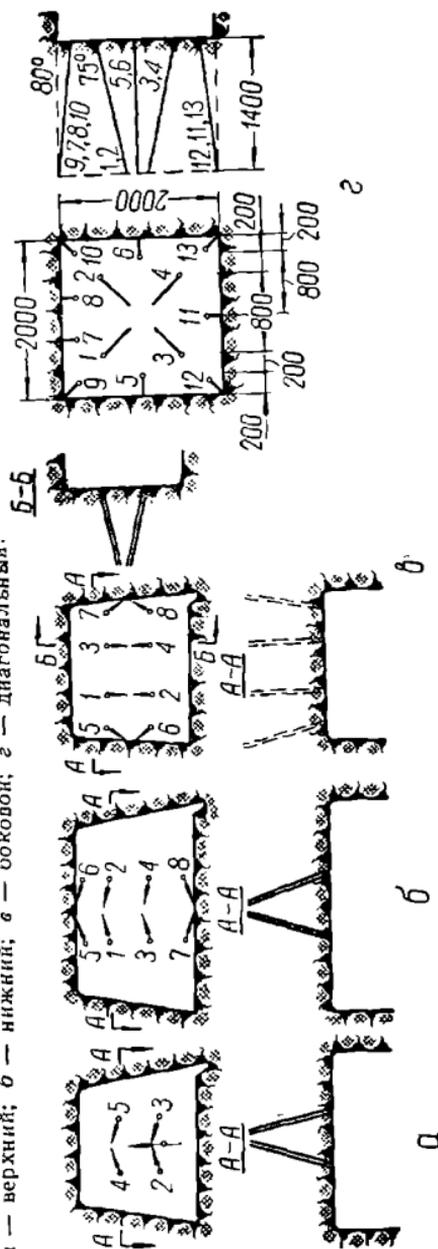


Рис. 35. Схемы расположения шпуров при многосторонних врубах: а — центральный клиновой вруб; б — вертикальный клиновой вруб; в — горизонтальный клиновой вруб; г — пирамидальный вруб (шпурь 1—4).

контакта (по простиранию) круто залегающих пластов пород мягких и средней крепости; врубовые шпуровые направляются к контакту пород и составляют вертикальный ряд.

К числу многосторонних можно отнести центральный, вертикальный и горизонтальный клиновые (рис. 35, а, б, в) и пирамидальный (рис. 35, г) врубы. Вертикальный и горизонтальные клиновые врубы целесообразно применять во всех подготовительных и капитальных выработках с поперечным сечением не менее соответственно 6 и 4 м² в породах однородного строения при крутом (вертикальный вруб) или горизонтальном и пологом (горизонтальный вруб) расположении трещин или напластований; при этом врубовые шпуровые в центральной части образуют вертикальный или горизонтальный клин.

Пирамидальный вруб может быть применен в любых породах; наиболее целесообразно применение пирамидального вруба при проходке выработок сверху вниз под углом свыше 45°. Сущность его заключается в образовании в центральной части забоя четырехгранной пирамиды или воронки.

К прямым врубам относятся призматические (рис. 36), вертикальный и горизонтальный щелевые (рис. 37, а, б), спиральный (рис. 38), котловый (рис. 39) и некоторые другие.

Призматический вруб применяется в породах от средней крепости до весьма крепких в выработках малого и среднего сечения (4—8 м²). Образуется он взрыванием 5—10 сближенных параллельных шпуров, расположенных в центре забоя; причем заряжаются, как правило, не все шпуровые, в результате чего действие при взрыве

(линия удара) направлено не в сторону забоя, а в сторону холостых шпуров, которые играют роль как бы дополнительной обнаженной плос-

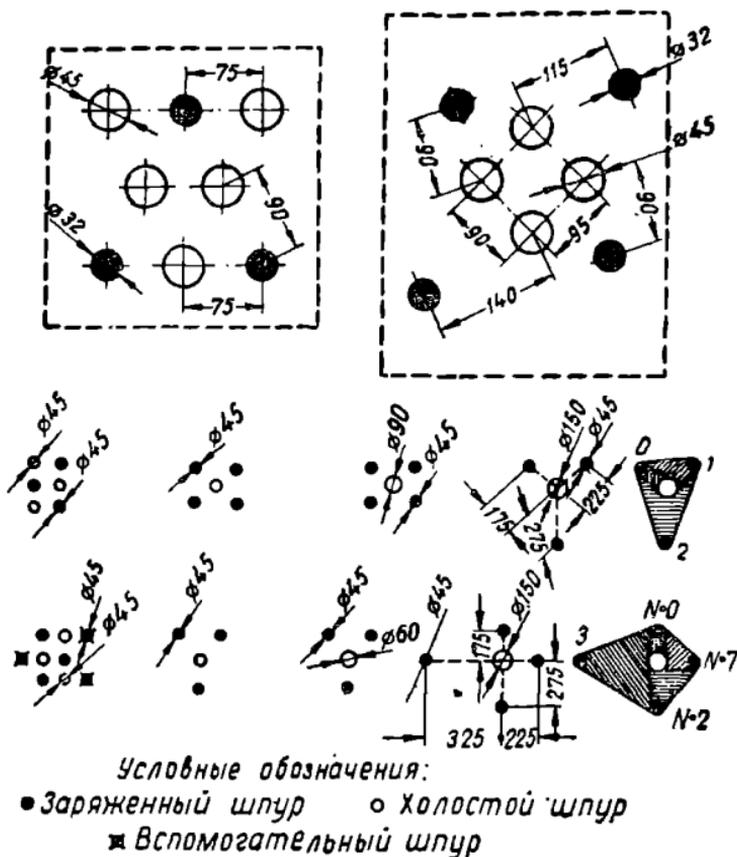


Рис. 36. Схемы призматических врубов;
 0; 1; 2; 3 — ступени замедления.

кости. Еще лучше эффект дает призматический вруб со свободной скважиной (пробуренной в центре вруба) и с поочередным взрыванием вокруг нее 3—4 врубовых шпуров.

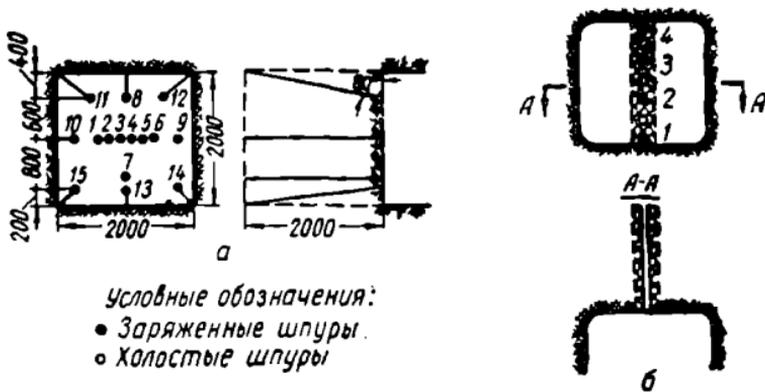


Рис. 37. Горизонтальный (а) и вертикальный (б) щелевые врубы;

1; 2; 3; 4; 5; 6 — очередность взрывания врубовых шнуров.



Рис. 38. Спиральный вруб:

2; 3; 4; 5; 6 — очередность взрывания врубовых шнуров.



Рис. 39. Котловой вруб.

При призматических врубах глубина шпуров почти не ограничивается поперечными размерами выработки; эти врубы дают возможность получать к. и. ш. до 0,9—1,0 при сравнительно низком расходе ВВ. Их целесообразно применять как в горизонтальных и наклонных, так и в восстающих выработках. При проходке выработок круглого сечения может быть применен бочкообразный вруб.

Разновидностями призматического вруба являются вертикальный и горизонтальный щелевые, у которых врубовые шпуры образуют вертикальный или горизонтальный ряд; применяются в тех же условиях, что и призматический.

Спиральный вруб также является разновидностью призматического, у которого врубовые шпуры располагаются по спирали и взрываются поочередно; центральный шпур — холостой. Кроме перечисленных, имеются врубы, представляющие комбинацию пирамидального и призматического, веерообразные и т. п.

Расход ВВ на 1 м³ взрываеваемой породы в целике находится в зависимости от крепости пород, мощности ВВ, поперечных размеров выработки и других факторов (табл. 94).

При применении других ВВ следует пользоваться переводным коэффициентом, приведенным ниже *.

* При применении ВВ в патронах диаметром 45 мм значение удельного заряда ВВ уменьшается на 20% умножением на коэффициент 0,8.

При проведении горных выработок с двумя обнаженными поверхностями удельные заряды следует умножать на коэффициент 0,65.

**94. Удельный расход 62%-ного динамита
для горизонтальных и наклонных выработок**

Породы	Коэффициент крепости по Протодьяко- нову	Расход ВВ на 1 м ³ породы при сечении выработки в проходке, м ²			
		4—6	7—9	10—11	13—15
Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты, андезиты, базальты и диабазы. Гранит мелкозернистый. Очень плотные мелкозернистые диориты и гранодиориты. Исключительные по крепости другие породы	18—20	4,36	4,0	3,7	3,4
Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир. Очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, чем указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки. Очень крепкие железные руды	13—15	3,63	3,31	3,04	2,88
Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Крепкие железные руды. Крепкий известняк. Некрепкий гранит. Крепкий песчаник, мрамор и доломит. Колчедан	8—10	2,74	2,5	2,3	2,15

Продолжение табл.

Породы	Коэффициент крепости по Протодействию	Расход ВВ на 1 м ³ породы при сечении выработки в проходке, м ²			
		4—6	7—9	10—11	13—15
Обыкновенный песчаник, железные руды средней крепости. Песчанистые сланцы, сланцеватые песчаники. Кварциты с трещинами. Выветрелые граниты, гнейсы и сиениты. Кварцево-карбонатные породы. Слабовыветрелый минерализованный кварцит	5—6	1,7	1,58	1,45	1,36
Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк. Мягкий конгломерат. Разнообразные некрепкие сланцы. Плотный мергель, конгломераты с галькой из осадочных пород на кремнистом цементе, сильно выветрелые коренные породы: диориты, граниты, сиениты, габбро и порфиры. Антрациты слитные с включением колчедана	3—4	1,04	0,96	0,9	0,84
Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт. Антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник.					

Продолжение таб.1.

Породы	Коэффициент крепости по Прогодьяко- нову	Расход ВВ на 1 м ³ породы при сечении выработки в проходке, м ²			
		4—6	7—9	10—11	13—15
Цементированная галька и каменистый грунт. Щебенистый грунт. Разрушенный сланец. Слежавшаяся галька, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина, углистые сланцы	1,5—2	0,64	0,58	0,54	0,5

Примечание. Для горных выработок сечением менее 4 м² расход ВВ определяется с учетом поправочного коэффициента 1,2 к расходу ВВ для выработок сечением 4—6 м².

Коэффициенты, характеризующие весовые эквиваленты взрывчатых веществ (для горизонтальных и наклонных выработок)

Динамит 62%-ный, труднозамерзающий	1,0
Аммонит № 6 и 6ЖВ	1,11
Скальный аммонит № 1	1,0
Аммонал ВА-2, ВА-4, ВА-8	0,98
Детониты 6А, 10А, 15А	1,06—1,09
Аммонит № 7 и 7ПВ	1,14
Аммонит В-3	1,14
Динафталит № 1	1,23
Победит ВП-2	1,23
Аммонит АП-5 ЖВ	1,28
Аммонит АП-2, АП-2ПВ, АП-4ЖВ	1,33
Аммонит ПЖВ-20, аммонит АП-1, победит ВП-1	1,44

При составлении паспорта буровзрывных работ следует учитывать такие обстоятельства:

1. При применении вертикального и горизонтального клиновых врубов шпуров должны задаваться на расстоянии $0,3 B$ или $0,3 H$ от стенки (почвы и кровли) выработки, где B — ширина и H — высота выработки; при этом угол наклона шпуров должен выбираться таким образом, чтобы концы их находились на расстоянии $0,2—0,4$ м.

Количество шпуров при этом типе врубов рекомендуется принимать равным: при коэффициенте крепости пород $2—6$ — от 4 до 8; при $f = 7—9$ — от 6 до 10 и при $f = 10—25$ — от 8 до 14 шпуров.

2. Угол наклона вспомогательных шпуров следует принимать таким, чтобы концы их на глубине обуренной заходки находились примерно на равном расстоянии между концами врубовых и оконтуривающих шпуров.

3. Угол наклона оконтуривающих шпуров следует принимать таким, чтобы на глубине обуренной заходки они не выходили за проектный контур выработки (за исключением проходки по весьма крепким породам, где допускается выход концов оконтуривающих шпуров за проектный контур). В отдельных случаях может также применяться способ отбойки породы при проходке выработок шпурами, пробуренными перпендикулярно к груди забоя.

4. Коэффициент заполнения шпура принимается для врубовых шпуров равным $0,3—0,4$, для вспомогательных и отбойных — $0,4—0,6$ (при пирамидальных и клиновых врубах), при призматических и щелевых врубах для всех шпуров этот коэффициент следует принимать равным $0,7—0,8$, а в выработках, опасных по газу

и пыли,— в соответствии с правилами безопасности.

По произведенным расчетам и на основе изложенных выше требований составляется паспорт буровзрывных работ, являющийся техническим документом, служащим для руководства бурильщикам и взрывникам при зарядании и взрывании шпуров.

95. Коэффициент заполнения шпура

Длина шпура $l_{ш}$, см	Длина забойки не менее, см	Длина заряда, см	Коэффициент заполнения шпура $K = \frac{l_{зар}}{l_{ш}}$
65	30	До 30	До 0,5
От 65 до 90	$0,5l_{ш}$	Не более $0,5l_{ш}$	Не более 0,5
Более 90	$0,33l_{ш}$	Не более $0,67l_{ш}$	До 0,67

Примечания: 1. Шпуры короче 65 см не допускаются.

2. При взрывании по углю коэффициент заполнения должен быть не более 0,5.

Практика ведения взрывных работ на горных предприятиях показывает, что средняя плотность зарядания шпуров диаметром 40—52 мм патронами аммиачно-селитренных ВВ не выходит за пределы $0,85 \text{ г/см}^3$, а в ряде случаев составляет $0,6—0,8 \text{ г/см}^3$. Низкая плотность зарядки ведет к перерасходу ВВ и является одной из причин низкого к. и. ш. В то же время опытами установлено, что увеличение средней плотности зарядания шпуров от $0,85$ до $0,97 \text{ г/см}^3$ позволяет уменьшить расход ВВ в 1,7 раза и увеличить к. и. ш. на 30%. Увеличения плотности зарядки

шпуров можно достичь, применяя специальные механические приспособления.

Так, например, при зарядке шпуров на руднике «Молибден» с применением механического

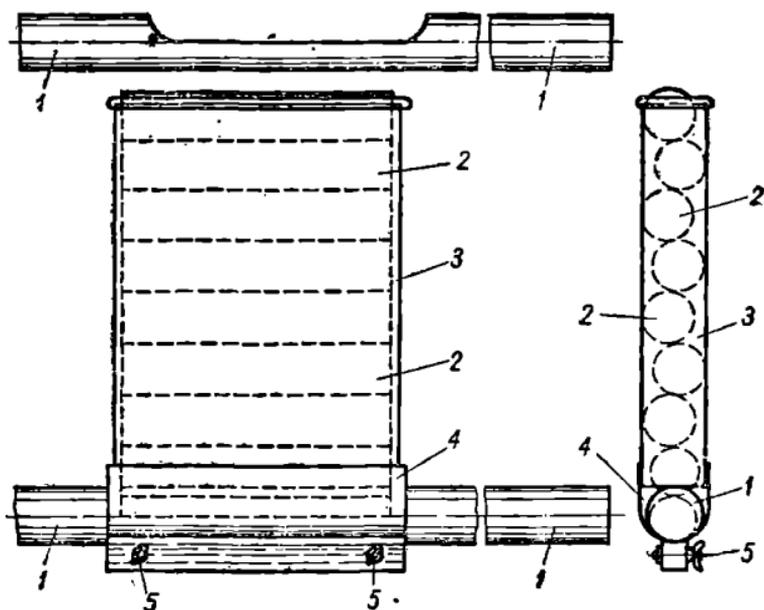


Рис. 40. Кассетное устройство для пневматического заря-
жания шпуров:

1 — труба с выемкой (1а); 2 — патроны ВВ; 3 — кассета; 4 —
зажим; 5 — винты.

уплотнителя в виде отбойного молотка ОМСП-5, у которого буровая штанга была заменена деревянным забойником с алюминиевым наконечником, в процессе проходки горизонтальных выработок по породам с $f = 14-16$ было достигнуто увеличение к. и. ш. от 0,79 до 0,87 и снижение расхода ВВ более чем в 1,5 раза.

Большое значение имеет механизация зарядки шпуров. На рис. 40 изображено одно из

приспособлений для механизированного заряжания шпуров с помощью сжатого воздуха. Этот механизм состоит из трубы с кассетой, в которую помещают патроны ВВ. Один конец трубы вставля-

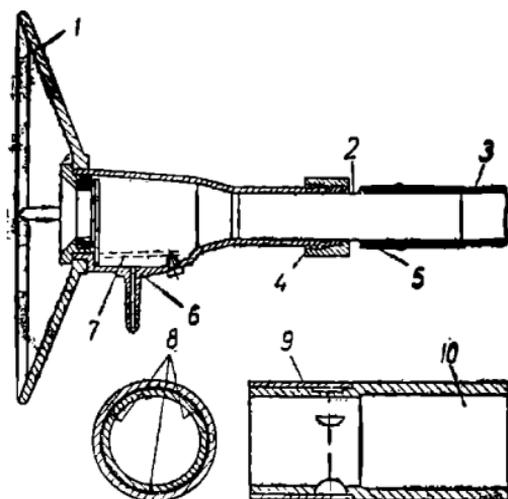


Рис. 41. Пневмозарядчик:

1 — защитный круг; 2 — соединительная трубка; 3 — полиэтиленовая трубка; 4 — гайка; 5 — зажим; 6 — патрубок для подачи сжатого воздуха; 7 — крышка; 8 — ножи для разрезания оболочки патронов ВВ; 9 — обойма; 10 — сопло.

ется в шпур, к другому концу подается сжатый воздух, который при своем движении захватывает и вгоняет в шпур патрон ВВ.

На рис. 41 показан пневмозарядчик с ручным управлением, применяемый в Швеции для зарядки шпуров и скважин диаметром 40—80 мм любой глубины. Он состоит из защитного круга с патрончиком и полиэтиленовой трубы, соединенных специальной соединительной трубкой с гайкой. Патрончик имеет крышку, которая при пус-

ке сжатого воздуха через патрубок б автоматически закрывается. Для большего уплотнения ВВ в шпуре патроны разрезаются специальными ножами, установленными в обойме 9. Патроны ВВ вкладываются в патронник вручную.

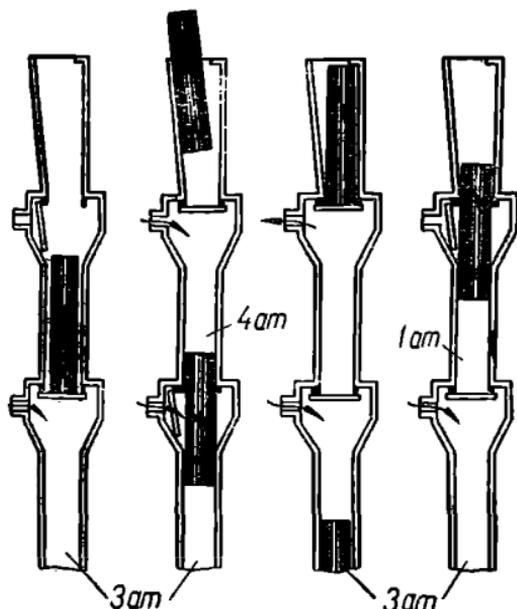


Рис. 42. Схема прохождения патрона ВВ в пневмозарядчике с полуавтоматическим патронником.

На рис. 42 показаны стадии прохождения патрона ВВ через пневмозарядчик с полуавтоматическим патронником, применяемый на шведских рудниках.

Большое значение для повышения к. и. ш. имеет применение специальных пневмозабойщиков, обеспечивающих высокую плотность песчаной забойки и уменьшение затрат времени на забойку шпуров в 1,5—2 раза по сравнению с вы-

полнением этой операции вручную Пневмозабойник конструкции УкрНИИОМШС (рис. 43) состоит из корпуса, к передней части которого с помощью шарнира присоединена крышка, запи-

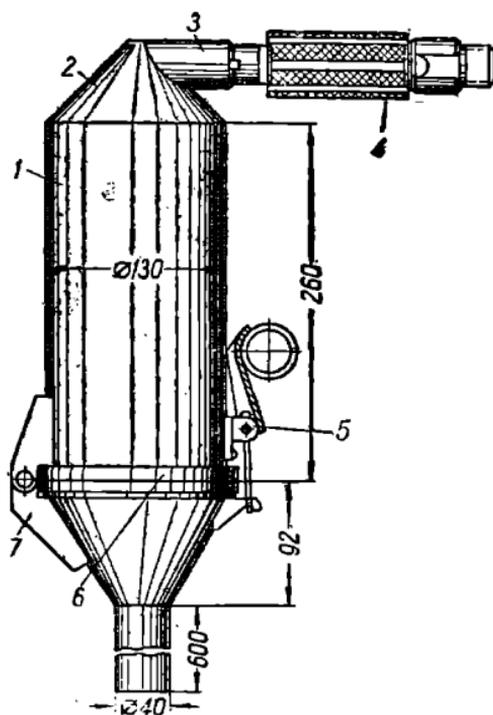


Рис. 43. Пневмозабойник конструкции УкрНИИОМШС:

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — патрубок; 4 — воздушный кран; 5 — замок; 6 — дно; 7 — шарнир.

рающаяся в закрытом положении замком; конусная часть крышки заканчивается выхлопной трубой с приваренным к ней защитным щитком. Пневмозабойник работает от энергии сжатого воздуха. Ниже приведена техническая характеристика пневмозабойника:

Область применения	При проходке горизонтальных и наклонных выработок
Давление сжатого воздуха, <i>атм</i>	4—5
Полезная емкость, <i>л</i>	3—8
Габаритные размеры, <i>мм</i> :	
диаметр цилиндрического сосуда	130
длина	1005
вес без песка, <i>кг</i>	3,5
то же, с песком, <i>кг</i>	10,5—11
Количество песка, выбрасываемого за один прием, <i>л</i>	3
Глубина заполнения шпура забой- кой, <i>м</i>	2

В качестве материала для забойки шпуров следует применять песок зернистостью 0,1—0,3 мм с содержанием влаги до 2%. Слишком влажный песок применять нельзя, так как он закупоривает выхлопную трубу пневмозабойника; сухой песок применять категорически воспрещается.

Взрывание шпуров при проходке выработок в шахтах, не опасных по газу и пыли, можно производить: 1) огневым способом (в выработках горизонтальных и наклонных с углом падения не свыше 30°, при этом поджигать шпуры должен только один взрывник; количество шпуров, которое имеет право зажигать взрывник, не должно превышать 16, в противном случае следует применять воспламенительные патрончики для группового поджигания); 2) электроогневым; 3) при помощи детонирующего шнура и 4) электрическим способом.

Магистральные провода при электроогневом и электрическом взрывании должны иметь влагонепроницаемую изоляцию и прокладываться

так, чтобы они не касались металлических предметов и были в стороне от электросети. Длина их должна быть не менее 75 м.

Производство взрывных работ при проведении выработок в шахтах, опасных по газу и пыли

Во всех шахтах, опасных по газу или пыли, могут применяться исключительно предохранительные ВВ, патронированные на заводах и разделяемые в свою очередь на породные, угольные и допущенные к применению по углю и по породе.

Взрывание в таких шахтах можно производить только электрическим способом электродетонаторами мгновенного или короткозамедленного действия. В качестве источников тока разрешается применять только взрывные машинки конденсаторного типа во взрывобезопасном исполнении или постоянный ток. Применение взрывных машинок индукторного типа и переменного тока не допускается.

В виде исключения в шахтах, опасных по газу или пыли (кроме шахт, опасных по внезапным выбросам), могут применяться непредохранительные ВВ при прохождении только по породе горизонтальных и наклонных выработок на новых горизонтах действующих и строящихся шахт при отсутствии на этих горизонтах очистных работ. При этом должны соблюдаться следующие условия: в рудничном воздухе этих выработок (в забое и на исходящей струе) не должно содержаться метана; при подходе выработки к угольному пласту на расстояние 5 м и после пересечения пласта на расстоянии 20 м обязательно

применять предохранительные ВВ и детонаторы мгновенного действия.

В шахтах третьей категории и сверхкатегорных взрывные работы по углю и по породе допускаются только по особому для каждой шахты разрешению главного инженера треста

Сотрясательное взрывание применяется для дренирования угольных пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, при их вскрытии, проведении горизонтальных выработок, а также при проведении наклонных выработок сверху вниз. Паспорт буровзрывных работ должен составляться с учетом ряда специфических требований, предусмотренных правилами безопасности. Взрывание производится с расстояния не менее 200 м от забоя из специальной защищенной камеры, находящейся на свежей струе.

Короткозамедленное взрывание при проходке горизонтальных и наклонных выработок

Применение короткозамедленного взрывания, осуществляемого с помощью электродетонаторов ЭДКЗ, позволяет сократить на 40—60% время, необходимое для взрывных работ, за счет уменьшения количества приемов взрывания, намного повысить безопасность ведения взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, при одновременном повышении их эффективности. Скорость проведения выработок возрастает в 1,3—2 раза и более, при этом уменьшается расход сланцевой пыли, достигается снижение расхода ВВ и количества шпуров в среднем на 10—15%, увеличивается на 3—6% к. и. ш.,

возрастает производительность труда проходчиков и т. д.

Основной причиной взрыва метана и угольной пыли в шахтах за последние годы было применение многоприемного взрывания зарядов в угольных забоях с нарушением правил безопасности (недостаточное проветривание забоя после взрыва, отсутствие осланцевания или орошения и т. п.).

Применение же короткозамедленного способа взрывания, позволяющего взрывать весь комплект зарядов в угольных забоях подготовительных и нарезных выработок за один прием, уже только по этой причине является более безопасным, чем многоприемное взрывание.

Этот способ, как наиболее безопасный в шахтах, опасных по газу всех категорий и опасных по пыли, рекомендуется для взрывания по углю и по породе с помощью электродетонаторов типа ЭДКЗ при соблюдении следующих условий:

1. В угольных забоях на шахтах, опасных по метану всех категорий или угольной пыли, за исключением пластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа, взрывание должно производиться с применением электродетонаторов ЭД-8П-59 или ЭД-9-60 в качестве первой серии и типа ЭДКЗ в качестве последующих серий с общим периодом времени срабатывания всех групп до 130 мсек включительно.

Взрывание всего комплекта зарядов в угольных забоях подготовительных и нарезных выработок должно производиться только за один прием при проходке узким ходом и не более чем за два приема при проходке широким ходом без машинного вруба.

2. В смешанных забоях, в шахтах, опасных по метану всех категорий или угольной пыли, и в выработках по пластам, подверженным внезапным выбросам угля и газа, при взрывании зарядов в шпурах, пробуренных по породе, взры-

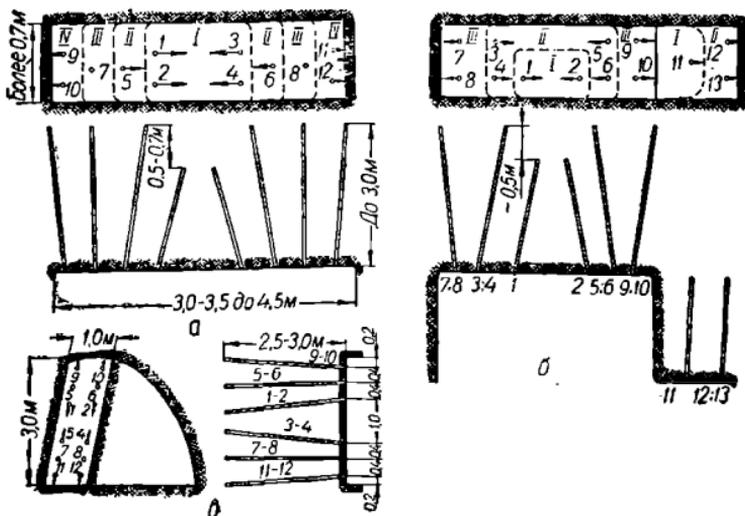


Рис. 44. Схемы расположения шпуров в угольной части забоя подготовительных выработок при короткозамедленном взрывании:

а — раздельное взрывание по углю и по породе; *б* — взрывание уступным забоем; *в* — для условий проходки по пласту падения.

вание может производиться с применением электродетонаторов ЭД-8П-59 и ЭД-9-60 в качестве первой серии и электродетонаторов типа ЭДКЗ с общим периодом замедлений до 130 мсек включительно. Количество приемов при взрывании всего комплекта зарядов в породном забое должно быть не более одного. Разрешается взрывать заряды в угольном и породном забоях одновременно в один прием.

3. В забоях выработок, проходимых только по породе, в шахтах, опасных по метану всех категорий или пыли, взрывание может производиться с применением электродетонаторов ЭД-8П-59, ЭД-9-60 и ЭДКЗ с общим периодом замедлений до 195 мсек. Количество приемов при этом не ограничивается.

4. Во всех шахтах, не опасных по метану и угольной пыли, а также в чистопородных выработках шахт, опасных по метану или угольной пыли (при отсутствии в забое последних метана и угольной пыли), взрывание может производиться с применением электродетонаторов любых ступеней замедлений. Количество приемов в таких забоях не ограничивается.

5. Электродетонаторы ЭД-8П-59, ЭД-9-60 и ЭДКЗ с максимальным временем замедления до 130 мсек могут применяться для сотрясательного взрывания на пластах, опасных по внезап-

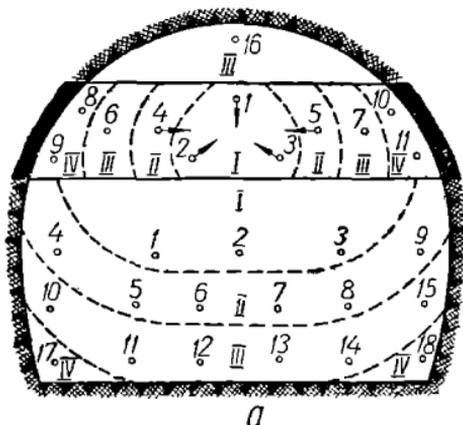
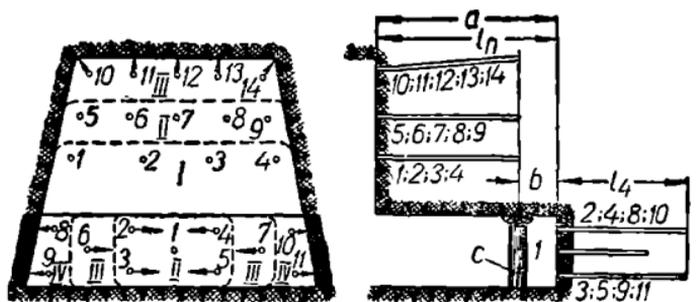


Рис. 45. Схемы расположения шпуров при короткозаме I; II; III; IV — оче-

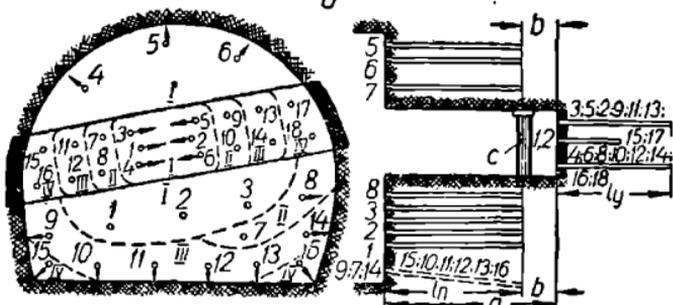
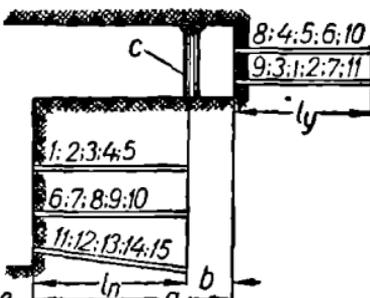
а — при крепких углях и породной подрывке при двух обиажен- б, в, г — одновременное взрывание зарядов угольного и пород-



а



б



в

длинном взрывании в смешанных забоях:
редность взрывания;

ных плоскостях с раздельным взрыванием по углю и по породе;
ного забоев с опережением угольной части забоя.

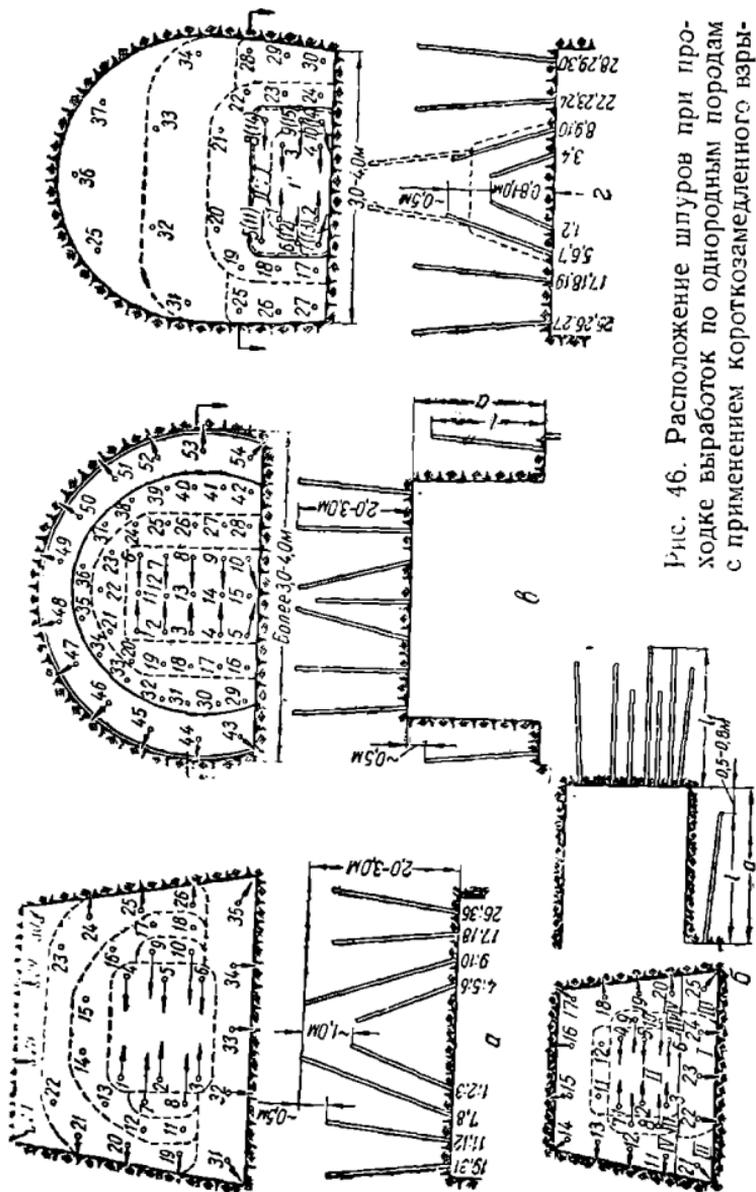
ным выбросам угля и газа и для взрывания при вскрытии этих пластов.

В последнее время на отдельных шахтах проводится дальнейшее усовершенствование метода короткозамедленного взрывания в целях уменьшения количества приемов взрывания и разброса породы и угля. Это достигается одновременным взрыванием угольного и породного забоев в штреках (при опережающем угольном уступе) и создания уступного забоя в квершлагах. Такой способ успешно применен на шахте № 1-1-бис, треста «Красногвардейскуголь», на шахте № 1—2, треста «Макеевуголь», на шахте «Игнатьевской» и др.

На рис. 44, 45 и 46 показаны некоторые схемы, рекомендуемые МакНИИ при применении короткозамедленного взрывания в забоях выработок, проходимых по пласту угля с подрывкой боковых пород и по однородным породам.

На рис. 44, *а*, *б* и *в* показаны некоторые схемы расположения шпуров в угольной части забоя подготовительных выработок, которые могут быть рекомендованы в определенных условиях для короткозамедленного взрывания по углю, из которых первые две схемы могут применяться в условиях горизонтального и наклонного залегания угольного пласта, а третья — при проходке подготовительных выработок по крутопадающему пласту.

Особенностью взрывных работ в смешанных забоях является необходимость отдельной выемки угля и породы (если угольный пласт имеет промышленную мощность), при этом породная часть забоя взрывается при наличии двух обнаженных плоскостей, а взрывание по углю —



Уч. 46. Расположение штуров при проходке выработок по однородным породам с применением короткозамедленного взрыва:

а — с одновременной проходкой по всему сечению; б — с отставанием нижней части забоя, в — с опережением центральной части забоя; г — с двойным врубом. Валия:

одной. На рис. 45,а изображен один из возможных способов короткозамедленного взрывания, при котором вначале производится взрывание по углю (при крепких углях и небольшой мощности пласта иногда производят подряд два взрывания по углю), после чего заряжаются и взрываются заряды породной подрывки, которая к этому моменту имеет уже две обнаженные плоскости.

Взрывные работы по породной подрывке должны вестись с учетом особенностей короткозамедленного взрывания.

1. Взрывание всех зарядов породной части забоя (как и по углю) необходимо производить за один прием, распределяя замедления таким образом, чтобы при взрыве каждой серии зарядов они могли производить разрушение породы в условиях двух обнаженных плоскостей.

2. Следует рекомендовать вариант расстановки замедлений, при котором заряды в крайних шпурах нижнего ряда (на схеме рис. 45,а шпуры 17, 18) будут взрываться с опозданием на одно замедление относительно остальных зарядов своего ряда, так как в этом случае движущаяся масса разрушенной породы как бы подхватывается с двух сторон силой взрыва боковых зарядов и не разбрасывается по выработке.

3. Длина шпуров по мере удаления их от свободной поверхности должна возрастать приблизительно на 0,05—0,1 м.

4. Величина зарядов ВВ может быть пропорциональна их длине, причем если результаты опытных взрываний покажут, что разлет кусков породы большой, заряд ВВ следует уменьшить.

Заряды в нижних угловых шпурах (17 и

18) должны быть несколько увеличены по сравнению с остальными.

Схемами, приведенными на рис. 45, б, в, г, предусматривается одновременно взрывание зарядов угольного и породного забоев при ведении работ с опережением угольной части забоя.

В момент взрыва разрушенная порода, приходя в движение, перекрывает выработанное пространство перед угольным забоем и не дает возможности прорваться массе угля в призабойное пространство выработки, чем и объясняется эффект, получаемый при использовании этих схем. Наиболее благоприятными условиями для такого способа взрывания является наличие двух породных подрывок (рис. 45, г), когда породы перекрывают угольную часть забоя сразу с двух сторон, однако практика применения одновременного взрывания угольной и породной частей забоя показала возможность эффективного применения этого варианта в выработках, проходимых только с одной (нижней или верхней) подрывкой, как показано на рис. 45, б и в.

Так как техника выполнения короткозамедленного взрывания по предлагаемым схемам имеет некоторые особенности, при составлении паспорта буровзрывных работ необходимо руководствоваться следующими замечаниями:

1. Опережение угольного забоя a должно быть больше длины шпуров, пробуренных по породе l_n , на величину b , которая рассчитывается, исходя из мощности угольного пласта, глубины шпуров по углю и коэффициента разрыхления угля, но в большинстве случаев может быть принята равной 0,6—0,8 м.

2. Чтобы сократить работы по оформлению породного забоя и уменьшить раскалывание неразрушенной взрывом породы, перед угольным забоем по предлагаемой линии концов шпуров, пробуренных по породе, следует поставить несколько (3—4) стоек забойщицкого крепления c .

3. Так как угольный забой имеет одну обнаженную плоскость, а породы подрывки — две, то к. и. ш. шпуров по углю будет всегда меньше, чем по породе. В связи с этим длина угольных шпуров l_y должна быть больше, чем породных l_n , в противном случае опережение угольного забоя относительно породного a с каждым взрыванием будет сокращаться, что вызовет необходимость через несколько взрываний по предлагаемым схемам производить дополнительное взрывание угольной части забоя.

4. Если выработка проходится в условиях слабых пород кровли, длину шпуров как по углю, так и по породе следует брать минимальную (1,5—2 м).

Применение электродетонаторов ЭДКЗ при проходке выработок по однородным породам в большинстве случаев дает возможность производить взрывание зарядов всего цикла за 1—2 приема.

Особое внимание при ведении взрывных работ в указанных забоях необходимо уделить кучности разрушенной массы породы, так как большой разброс пород часто является причиной выбоя крепи и затрудняет операцию погрузки.

В настоящее время на многих шахтах применяются специальные схемы взрывных работ, предназначенные для предупреждения выбоя

крепи и для уменьшения разброса породы, некоторые из них приведены на рис. 46,а, б, в и г.

Схема, изображенная на рис. 46,а, рекомендуется для пород средней крепости при глубине шпуров 2,0—3,0 м. Количество шпуров и величины зарядов в них зависят от сечения выработки и крепости пород и подбираются опытным путем.

Длина шпуров основного вруба (шпуры 1—6) примерно на 1,0 м меньше длины шпуров вспомогательного вруба (шпуры 7, 10), а они в свою очередь бурятся на 0,5 м длиннее всех остальных шпуров. Соответственно и заряды подбираются пропорционально длинам шпуров. Эта схема проста и надежна, но требует тщательного подбора паспорта буровзрывных работ, особенно по части определения величины заряда на шпур, так как занижение или повышение величин зарядов приведет к недостаточному к. и. ш. или к выбою крепи.

Такая схема буровзрывных работ может применяться в выработке шириной до 3—4 м и при механизированной уборке породы. При ширине забоя свыше 4 м рациональнее применять схему, приведенную на рис. 46,г.

Схема, изображенная на рис. 46,б, является вариантом схемы рис. 46,а, но с отставанием нижней части забоя для предотвращения разброса породы и повреждения крепи. Она может быть рекомендована для взрывания в породах средней крепости независимо от ширины забоя и ручной погрузки породы.

Схема рис. 46,в рекомендуется для крепких пород. Особенностью ее является наличие двойного вруба, т. е. сначала взрывают врубовые

шпурь с 1 по 10, затем в образованной нише бурят шпурь 11—16 второго вруба и все остальные, но уже без вспомогательного вруба (1—4) и взрывают весь комплект зарядов за один прием.

Глубина шпуров вспомогательного вруба (1—4) находится в пределах 0,8—1,0 м, шпурь основного вруба перебуриваются примерно по 0,5 м.

Наличие двойного вруба позволяет достигнуть достаточно высокого коэффициента использования шпуров для данной категории пород. Эта схема буровзрывных работ может применяться, главным образом, при ширине забоя до 3,0—4,0 м.

Схема рис. 46,г рекомендуется для взрывания по крепким и средней крепости породам при ширине забоя свыше 3,0—4,0 м; при этом для пород средней крепости усиление вруба центральным рядом шпуров (11—15) не обязательно.

Особенностью данной схемы является опережение центральной части забоя на величину a , что позволяет за один прием взрывать большое количество шпуров, не боясь повредить крепление и в какой-то мере управлять взрывом, увеличивая или уменьшая заряды в шпурах отстающей части забоя, смещая породу в ту или иную сторону забоя.

Глубина шпуров при применении этой схемы для пород средней крепости находится в пределах 2,5 — 3,0 м, для крепких пород — 2,0—2,5 м.

Шпурь отстающей части забоя обычно взрываются детонаторами того же замедления, что и врубовые шпурь.

Помимо приведенных, имеется целый ряд других возможных вариантов расположения шпуров и последовательности их взрывания при проходке выработок по однородным породам короткозамедленным способом.

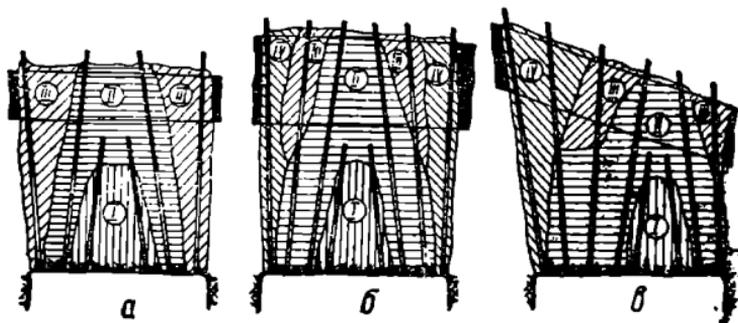


Рис. 47. Схема расположения шпуров при сотрясательном взрывании с миллисекундным замедлением:
 I, II, III, IV — очередность отбойки массива.

Большими преимуществами обладает короткозамедленное взрывание для вскрытия пластов, опасных по внезапным выбросам угля или газа.

Сотрясательное взрывание по условиям безопасности необходимо производить таким образом, чтобы пласт вскрывался на всю мощность и выработка оконтуривалась полностью. Этого можно легко достичь, применяя короткозамедленное взрывание и рациональные схемы расположения шпуров, с учетом необходимости разрушения в первую очередь центральной части породной толщи, затем — породной толщи по сторонам и одновременно центральной части угольного пласта и в последнюю очередь — всех оставшихся частей угля и пород, как это показано на рис. 47, а, б, в.

На рис. 48 приведена схема расположения шпуров, которая может быть рекомендована при крепости пород $f = 7 \div 12$, мощности пласта более 0,7 м, ширине забоя 2,7—2,9 м.

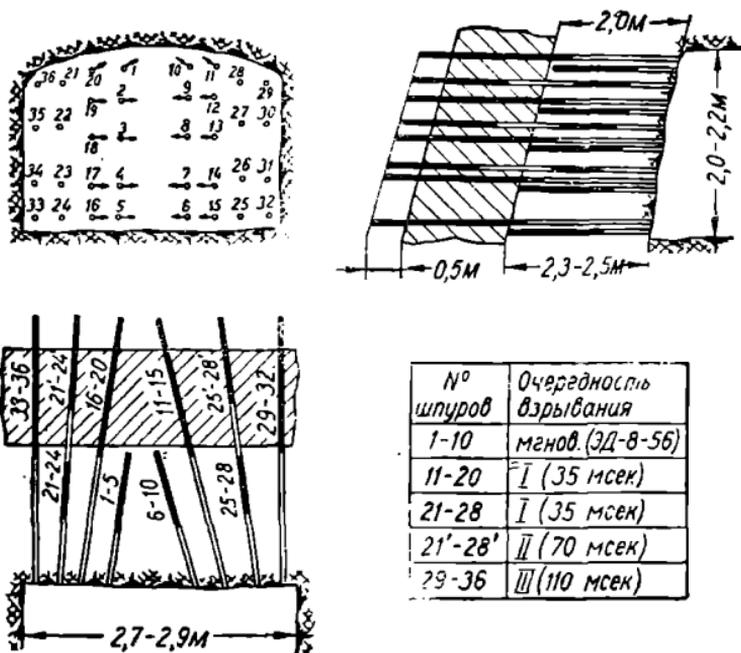


Рис. 48. Схема сотрясательного взрывания, рекомендуемая МакНИИ при мощности пласта более 0,7 м и крепости пород $f = 7 \div 12$.

Схема предусматривает бурение 36 шпуров с расположением двойного клинового вруба по середине забоя. Короткий вруб, представленный шпурами 1—10, бурится до пласта, глубокий вруб предусматривает перебур за пласт на 0,5 м.

Для эффективного разрушения породной пробки по сторонам от середины забоя предусматривается рассредоточение шпуров 21—28, в ре-

зультате чего первый ярус зарядов закладывается в породной части массива.

Сотрясательное взрывание МакНИИ рекомендует производить с соблюдением следующих условий:

1. Шпуры первого вруба должны недобуриваться до пласта на 0,15—0,2 м.

2. Все прочие шпуры должны перебуривать пласт на полную мощность и забуриваться в породу за пластом на 0,4—0,5 м.

3. При глубине шпуров до 3 м конструкция заряда ВВ в шпуре применяется колонковая, при большей глубине — заряд ВВ рассредоточивается на два яруса.

4. Величину колонкового заряда рекомендуется принимать не более 2,4—2,5 кг.

5. Заряды в шпурах второго вруба рассредоточиваются только в крепких породах.

6. Рассредоточение зарядов ВВ должно производиться с учетом следующих требований:

а) величина заряда ВВ и величина замедления электродетонатора во втором ярусе должна быть больше, чем в первом ярусе;

б) длина забойки как между зарядами, так и от устья шпура должна быть равной длине заряда ВВ первого яруса, но не менее 0,75 м;

в) инициирование зарядов ВВ должно производиться только допущенными для сотрясательного взрывания электродетонаторами ЭД-8-56, ЭД-8П-59 и ЭДКЗ с максимальным общим периодом замедления не более 130 мсек.

7. Расстояние между зарядами ВВ в соседних шпурах, расположенных по углю, должно быть не менее 0,4, а расположенных по породе — не менее 0,3 м.

8. При вскрытии пластов заездами распределение шпуров по забою должно производиться с учетом неодинаковой мощности породной пробки — со стороны большей мощности размещается большее число шпуров.

9. Удельный расход ВВ при вскрытии пластов, опасных по внезапным выбросам, рассчитывают по формуле

$$q = \frac{\sqrt[3]{f} + \sqrt{\frac{l_{\text{ср}}}{S}}}{0,75 e}.$$

Здесь q — удельный расход ВВ на 1 м³ отбитой горной массы в целике, кг;

f — коэффициент крепости пород по шкале Протодяконова;

$l_{\text{ср}}$ — средняя глубина обуренного массива, м, определяется из выражения

$$l_{\text{ср}} = h_{\text{п. п}} + m + h_{\text{п}},$$

где $h_{\text{п.п.}}$ — средняя мощность породной пробки, м;

m — общая мощность вскрываемого пласта, м;

$h_{\text{п}}$ — глубина перебура за вскрываемый пласт, должна быть не менее 0,4—0,5 м;

S — поперечное сечение вскрывающей выработки, м²;

e — коэффициент работоспособности ВВ по отношению к работоспособности аммонита ПЖВ-20, определяется из выражения $e = \frac{P}{265}$;

P — работоспособность применяемого ВВ, $см^3$;

265 — работоспособность аммонита ПЖВ-20, $см^3$ (по ГОСТ 9073—59).

Общий расход ВВ на вскрытие •

$$Q_{\text{общ}} = qSl_{\text{ср}}\eta \text{ кг.}$$

Здесь η — к. и. ш., принимается равным не менее 0,9.

10. Количество шпуров первого вруба МакНИИ рекомендует определять по формуле

$$N_{\text{вр}} = 2 \sqrt{\frac{fS}{e}}.$$

Количество ВВ во врубовых шпурах

$$Q_{\text{вр}} = N_{\text{вр}}c.$$

Здесь c — средняя величина заряда одного шпура из условий заполнения его патронированным ВВ на половину длины, т. е.

$$c = \frac{0,5 l_{\text{вр}}k}{a},$$

где $l_{\text{вр}}$ — длина шпура первого вруба, $м$;

k — вес и a — длина одного патрона ВВ.

11. Количество шпуров второго вруба (вспомогательных и оконтуривающих) также определяется из расчета заполнения половины их длины

$$N = \frac{Q_{\text{общ}} - Q_{\text{вр}}}{c_1}, \text{ здесь } c_1 = \frac{0,5l_{\text{ср}}k}{a},$$

где $l_{\text{ср}}$ — средняя глубина шпуров (кроме первого вруба).

Правила безопасности при применении короткозамедленного взрывания

МакНИИ разработал следующие основные правила безопасности при ведении взрывных работ с применением детонаторов с миллисекундным замедлением на угольных шахтах.

1. Электродетонаторы короткозамедленного действия типа ЭДКЗ перед выдачей их взрывнику должны проверяться на целостность мостика накалывания и соответствие их омического сопротивления пределам, указанным в технических условиях на их изготовление и этикетках коробок.

2. Проверка электродетонаторов, а также проверка исправности и измерение сопротивления электровзрывных сетей могут производиться приборами, допущенными для этой цели и дающими ток не более 50 *ма*.

3. В шахтах, опасных по газу и пыли, запрещается одновременная выдача на смену взрывнику наряд-путевок на производство взрывных работ в угольных и породных забоях, если количество замедлений в породном забое будет превышать четыре ступени.

4. Если в породном забое разрешено применение электродетонаторов типа ЭДКЗ всех замедлений, то при подходе этих выработок к угольным пластам и пропласткам на расстояние 5 *м*, а также после пересечения угольных пластов на расстояние 20 *м* обязательно применение электродетонаторов типа ЭДКЗ с замедлением до 130 *мсек*. Если после пересечения угольного пласта выработкой, проходимой по породе, в забое и на исходящей струе не будет обнаружено метана, разрешается дальнейшее применение

всех ступеней замедления. Если метан в забое или на нисходящей струе будет обнаружен, можно применять электродетонаторы ЭДКЗ с замедлениями только до 130 мсек.

5. При короткозамедленном взрывании в угольных и породных забоях с одной обнаженной плоскостью расстояние между шпурами не лимитируется и может определяться из условия достижения максимальной эффективности, а в угольных забоях с двумя обнаженными поверхностями (например, в очистных забоях с машинным врубом) минимальное расстояние от любой точки заряда взрывчатого вещества до ближайшей обнаженной поверхности, а также длина внутренней забойки должны равняться 50 см.

6. В смешанных забоях при применении короткозамедленного взрывания по породе линия наименьшего сопротивления первого ряда шпуров должна быть не менее 50 см.

Расстояние между остальными шпурами не лимитируется и должно подбираться из условия достижений максимальной эффективности.

7. В выработках, проходимых по породе, в шахтах, опасных по газу, при взрывании всего комплекта зарядов в один прием расстояние между шпурами выбирается из условий эффективности.

При взрывании в несколько приемов линия наименьшего сопротивления зарядов, располагающихся параллельно второй обнаженной поверхности, должна быть не менее 50 см.

8. В шахтах, опасных по взрыву пыли, перед каждым взрыванием в подготовительных выработках, проходимых по углю с подрывкой пород, должно производиться орошение осевшей

96. Результаты некоторых опытных

Организация и время проведения опытных взрывов	Радиус заряда, м	Глубина скважины, м	Вес 1 пор. м заряда, кг	Размеры выработок, м	
				Глубина	Средний диаметр
Трест «Ватутинуголь», ИГД АН УССР (1953 г.)	0,132	53,2	60,1	2,0	3,2
Трест «Дзержинскруда», ИГД АН УССР (1954 г.)	0,100	30,0	25,3	13,0	2,5
Трест «Никополь-Марганец», ИГД АН УССР (1954 г.)	0,060	27,8	10,07	15,0	1,5
То же	0,075	25,0	12,0	6,0	2,5
» »	0,100	25,0	25,0	15,0	2,5
Кузбасское ПЭУ (1956 г.): шахта «Зиминка»	0,055	21,0	9,05	18,0	1,8
то же	0,055	17,5	10,8	16,5	1,8
шахта № 3—4	0,055	13,0	7,7	10,0	2,0
Институт математики АН УССР (до 1953 г.)	0,022	13,0	2,84	12,0	1,05
то же	0,030	9,0	2,44	8,5	1,20
» »	0,032	12,0	2,83	11,0	1,10
» »	0,032	13,5	2,85	13,0	1,10
» »	0,050	10,0	6,75	9,0	1,60
» »	0,0325	19,2	2,84	18,5	1,5
Кузбасское ПЭУ (1957 г.): шахта «Байдаевская» № 4	0,070	16,0	13,7	13,0	2,50

взрывов (по Г. К. Акутину)

ВВ	Расход ВВ, кг	Отношение радиуса выработки к радиусу заряда	Скважина	Грунт	Месторасположение детонатора
Порох ^{4/1} Аммонит №7	3000 198	13,2	Вертикальная	Разнородный	Верх скважины
Порох ^{4/1}	760	12,5	То же	Глина	То же
То же	280	12,5	» »	»	»
» »	300	16,6	» »	»	»
» »	625	12,5	» »	»	»
Аммонит № 7	190	16,3	Угол наклона к горизонту $\alpha = 85^\circ$	Плотная глина и су- глинок	Верх скважины
»	190	16,3			
»	100	18,1			
Порох ^{4/1}	37,0	23,8	Вертикальная	Плотная глина	То же
То же	22,0	20,0	»	То же	»
» »	34,0	17,2	»	»	»
» »	38,5	17,2	»	»	»
» »	67,5	16,0	»	»	»
» »	54,7	23,0	»	Легкий су- глинок	»
ПЖВ-20	220	17,7	»	Вязкая глина	»

Организация и время проведения опытных взрывов	Радиус заряда, м	Глубина скважины, м	Вес 1 пог. м заряда, кг	Размеры выработок, м	
				Глубина	Средний диаметр
шахта № 5	0,067	17,3	12,7	15,5	2,05
шахта «Комсомольская»	0,075	47,0	16,5	23,0	2,1
шахта «Пионер»	0,085	36,0	20,6	31,0	2,05
ИГД АН УССР (1956 г.):	0,063	24,0	11,4	20,0	2,3
то же	0,120	40,0	40	32	3,0
» »	0,120	30,0	40	25	3,15
» »	0,140	35,0	55	27	3,4
» »	0,032	22,0	19,7	20,0	3,0
» »	0,060	17,0	10,4	16,0	2,0
» » —	0,050	9,0	7,7	7,0	1,3
» »	0,035	10,35	4,05	8,0	1,0
Трест «Черепетьуголь» (1954 г.)	1,100	46	23,47	16,5	3,0
ИГД АН УССР (1957 г.): шурф № 1	0,100	19,5	28	16,5	2,25
то же № 2	0,075	17	18,2	14	1,85
» » № 3	0,075	30	15,2	25	2,5
» » № 4	0,075	30	15,2	25	2,3
» » № 5	0,050	20	7,0	18	2,0
» » № 6	0,050	20	7,0	18	1,8
» » № 7	0,040	20	4,5	18	1,6
» » № 8	0,040	20	4,5	17	1,7

Продолжение табл.

ВВ	Расход ВВ, кг	Отношение радиуса выработки к радиусу заряда	Складина	Грунт	Месторасположение детонатора
ПЖВ-20	220	15,7	Вертикальная	Вязкая глина	Верх скважины
ПЖВ-20	480	14,0	»	Плотная глина	То же
Аммонит №9	300				
АП-5ЖВ	743	12,3	»	Суглинок	» »
Аммонит № 9	273,6	16,9	»	Плотная глина	» »
То же	1600	12,5	»	Суглинок	» »
» »	1200	13,2	»	»	» »
» »	1925	12,1	»	»	» »
Аммонит № 6	433,4	18,2	Горизонтальная	Плотный суглинок	» »
То же	176,8	16,6	То же	То же	» »
» »	70	13,0	»	» »	» »
» »	42	14,2	»	» »	» »
Порох $4/1$	1080	15	Вертикальная	Суглинок	Низ скважины
Аммонит № 9	452	11,25	То же	Глина вязкая	То же
То же	258	12,3	»	То же	»
» »	456	16,6	»	» »	»
» »	456	15,3	»	» »	»
» »	140	20,0	»	Суглинок	»
» »	140	18,0	»	»	»
» »	90	20,0	»	»	»
» »	90	21,2	»	»	»

угольной пыли с добавлением смачивателей или сланцеванием забоя и выработок, примыкающих к забою на протяжении не менее 20 м от взрываемых зарядов. При отдельном взрывании зарядов производится повторное осланцевание или орошение груди забоя и отбитой массы.

9. Патрон-боевик с электродетонаторами мгновенного и короткозамедленного действия должен быть расположен первым от устья шпура. Электродетонатор необходимо помещать в торцовую часть патрона-боевика ближайшего к устью шпура так, чтобы дно гильзы электродетонатора было направлено ко дну шпура.

10. Величина зарядов ВВ в шпурах и величина внутренней забойки в шахтах, опасных по газу и пыли, должны подбираться и уточняться в процессе внедрения короткозамедленного взрывания, исходя из конкретных условий каждого забоя, однако они не должны противоречить нормам, указанным в § 486 «Единых правил безопасности при взрывных работах». В остальном необходимо руководствоваться действующими «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Проходка выработок в мягких породах с помощью взрыва удлиненного заряда

В пластичных грунтах при взрыве в них заряда ВВ образуется полость, которая после закрепления может быть использована в качестве минного, разведочного, вентиляционного, лесоспускного шурфа, штрека и т. д. Стенки такой выработки в результате взрыва сильно уплотняются, что уменьшает, а в некоторых случаях

полностью предотвращает проникновение воды в выработку и позволяет применять крепь облегченного типа.

Использование в горном деле указанного способа проведения выработок, кроме того, исключает необходимость выдачи на поверхность породы. В настоящее время практически доказана возможность получения в мягких сжимаемых породах путем взрыва колонкового заряда выработок диаметром до 3—4 м (табл. 96).

Диаметр полости может быть определен по формуле

$$D_n = K_1 q + K_2 (1 - e^{-\frac{q}{K_3}}) \text{ м,}$$

где q — вместимость ВВ в 1 пог. м скважины, кг;

e — основание натурального логарифма;

K_1, K_2, K_3 — коэффициенты, зависящие от сорта ВВ и физико-механических свойств грунтов (табл. 97).

Размеры уплотненной зоны определяют по формуле

$$D_y = \sqrt{(D_n^2 - d_c^2) \frac{200 + p}{p}},$$

где D_y — диаметр зоны уплотнения, м;

d_c — диаметр скважины, м;

p — максимальное приращение объемного веса грунта в зоне уплотнения, %.

Характерной особенностью прохождения вертикальных выработок по указанному методу является образование в верхней части скважины воронки выброса, перода из которой частично

попадает в нижнюю часть выработки. Количество породы, падающей в выработку, определяется по формуле

$$V = 1,8D_{в}^3,$$

где V — объем породы в нижней части выработки, m^3 ;

$D_{в}$ — диаметр выработки, m .

97. Значения коэффициентов K_1, K_2, K_3

ВВ	K_1		K_2		K_3	
	Су-глинки	Глины	Су-глинки	Глины	Су-глинки	Глины
Замоченный пироксилиновый порох	0,12	0,123	0,65	0,8	1,84	2,4
Аммониты	—	0,154	—	0,32	—	1,3

В табл. 98 и 99 приведены некоторые сравнительные технико-экономические показатели, свидетельствующие о высокой эффективности метода.

Организация взрывных работ при проходке выработок по сжимаемым породам уплотнением их энергией взрыва

Чтобы взрывание дало необходимые результаты, следует правильно подобрать взрывчатое вещество. Его выбор зависит от горногеологиче-

98. Стоимость проходки шурфов обычным и взрывным способом на шахте «Байдаевская» (Кузбассе)

Статья расходов	Затраты (в руб.) на 1 пог. м шурфа при проходке способом	
	обычным	взрывным
Материалы	15,5	10,14
Заработная плата	11	2,06
Итого прямые затраты	26,5	12,2
Неучтенные работы в размере 5% от прямых затрат	1,33	0,61
Начисления 10%	2,65	1,22
Всего прямые затраты	30,48	14,03
Всего с накладными расходами, услугами вспомогательных цехов, общешахтными расходами	57,98	22,34

99. Сравнительные технико-экономические показатели проходки выработки различными способами (по Г. А. Васильеву)

Способ работ	Глубина выработки, м	Диаметр колодца, м	Стоимость раб-очей силы, руб.	Материалы, руб.	Транспортные расходы, руб.	Итого стоимость, руб.	Срок выполнения работ, ч
Ручная проходка	20	1,6	283	230	5,0	518	160
С помощью шурфокопателей	20	1,3	99	341	5,0	445	80
Взрывной	20	1,6	45	250	5,0	300	8,0

ских условий, в частности, от степени обводненности пород, пересекаемых скважиной. При отсутствии воды в скважине на период заряжания могут быть применены обычные порошкообразные аммониты. В обводнённых условиях следует применять гранулированный тротил, водоустойчивые аммониты (патронированные и порошкообразные), замоченный пироксилиновый порох.

Наиболее целесообразным способом зарядки такими ВВ является способ ЦНИИподземшахтостроя, который заключается в заполнении резинового шланга взрывчатым веществом (или смеси его с водой) и опускании шланга до забоя скважины. Для удобства заполнения шланга в нем делают боковые патрубки, расположенные через каждые 6 м по длине шланга. Такой способ, помимо обеспечения равномерности зарядки, исключает возможность пересыпки заряда породой из стенок скважины в процессе зарядки. К недостаткам его следует отнести сложность организации работ.

Наиболее простым является способ заряжания скважины россыпью, т. е. непосредственной засыпкой ВВ. При наличии обсадных труб, обеспечивающих сплошность и равномерность заряда, способ заряжания россыпью будет наиболее рациональным. Практикой установлено, что этот способ в большинстве случаев является наиболее эффективным и при заряжании без обсадных труб, если скважина была пробурена с промывкой глинистым раствором по устойчивым породам. Весьма большое значение в этом случае приобретает правильная организация работ, исключаяющая сколько-нибудь значительный раз-

рыв во времени между окончанием работ по бурению и началом зарядки. Во всех случаях и при различных условиях бурения требуется тщательная и полная очистка скважины от бурового шлама, глинистого раствора и др. Особенно тщательной очистки требует скважина, пробуренная с промывкой. Оставление глинистого раствора на дне скважины приводит к пропитыванию ВВ инертной глинистой массой и частичной или полной потере инициирующей способности ВВ. Кроме того, порошкообразное или гранулированное ВВ в глинистом растворе будет находиться во взвешенном состоянии и плотность заряда значительно уменьшится.

В случае использования в качестве ВВ аммонитовых, тротиловых, амматоловых и других патронов диаметром, равным расчетному диаметру заряда, зарядание скважины заключается в опускании в нее отдельных патронов. Во избежание возможности пересыпки породой отдельных патронов или их заклинивания необходимо производить тщательные замеры после опускания каждого патрона.

Если скважина пробурена без обсадных труб или они извлечены до начала зарядания, зарядание следует производить с особой тщательностью, так как в этом случае возможность заклинивания патронов и выпадания породы из стенок наиболее вероятна.

Опускание отдельных патронов рекомендуеться производить на пеньковом канате или магистральном проводе взрывника, каждый раз отмечая глубину посадки патрона. В случае необходимости проталкивания патрона ко дну скважины необходимо, кроме подвязки его канатом,

применять деревянный составной шлак (трамбовку) диаметром, несколько меньшим диаметра скважины. Для лучшей передачи детонации от патрона к патрону по всей длине скважины целесообразно пропустить 2—3 нитки детонирующего шнура, взрываемого одновременно с патроном-боевиком. Заряжание скважины патронами малого диаметра, связанными в пучок, нежелательно, так как при этом получается малая плотность зарядки, что с учетом наличия стыков между связками патронов не обеспечивает устойчивую детонацию заряда и может быть причиной отказа. В случае использования таких патронов по всей длине скважины следует пропускать не менее 4 ниток детонирующего шнура.

Для зарядки горизонтальных скважин можно применять пироксилиновый порох, сцементированный алебастром в цилиндрические брикеты, патронированные аммониты, тротил и другие ВВ. Патроны малого диаметра связываются в пучок наружным диаметром, приблизительно равным внутреннему диаметру обсадных труб. Заряжание горизонтальных скважин производится следующим образом.

До начала извлечения обсадных труб специальным забойником посылают в скважину первые 2 патрона ВВ (первый из них может быть патроном-боевиком). Затем обсадные трубы вынимают приблизительно на половину длины заряженной части скважины и посылают в нее еще один патрон и т. д. При этом необходимо производить тщательные замеры длины незаряженной части скважины, добиваясь, чтобы патроны плотно прилегали друг к другу торцами.

Для лучшей передачи детонации от патрона

к другому необходимо пропускать 2—3 (а в случае заряжания пучками патронов малого диаметра не менее 4) нитки детонирующего шнура.

Патрон-боевик, который служит в качестве иницирующего заряда, может быть выполнен в виде мешка с порохом или другим ВВ, в котором помещены 2—3 очага иницирования, в виде 2 толовых шашек, обвитых детонирующим шнуром и др. Наиболее простой и надежной является конструкция патрона-боевика, состоящая из нескольких патронов аммонита, зернистого динафталита, динамита или другого ВВ, связанных в пучок и обвитых детонирующим шнуром. Количество патронов зависит от диаметра заряда, свойств ВВ и других факторов. Чем больше диаметр заряда и менее чувствительные ВВ, тем большее количество патронов потребуется для изготовления патрона-боевика. Практически число патронов колеблется в пределах 3—8, что вполне достаточно для взрывания зарядов диаметром от 50—80 до 200 мм. Следует отметить, что применение патрона-боевика диаметром, меньше чем диаметр заряда, не рекомендуется во избежание отказа или неполного взрыва. Взрывание скважины можно осуществлять как огневым, так и электрическим способом; патрон-боевик может располагаться как первым от устья, так и первым от забоя скважины.

Ликвидация отказавших зарядов производится повторным взрыванием. Для этого готовится новый патрон-боевик, который укладывается впритык к верхней части заряда и взрывается.

При взрывании горизонтальных выработок в подземных условиях необходимо предусматривать дополнительные меры предосторожности, обусловленные спецификой подземных работ. В частности, работники, осуществляющие осмотр результатов взрыва, не должны пользоваться осветительными приборами с открытым огнем. Это положение относится и к лицам, занятым на разборке породы в устье и креплении выработки. Следует также принимать особые меры по предотвращению отравления продуктами взрыва, которые могут выделяться из стенок выработки в течение полутора и более суток.

Передовые методы организации взрывных работ при проходке вертикальных стволов

В качестве примера правильной организации взрывных работ можно привести опыт проходки ствола на шахте «Ново-Бутовка» со скоростью 264,6 м в месяц. На основании опытных наблюдений с учетом структуры пород и их крепости расход ВВ (62%-ного труднозамерзающего динамита) на 1 м³ породы был принят равным для сланцев 1,0 кг, для песчаников 1,43 кг, глубина шпуров соответственно 3,0 и 2,5 м, а расход ВВ на одну заходку 99,6 и 118,7 кг. Диаметр патронов ВВ был равным 45 мм, количество шпуров, располагаемых по трем окружностям, составляло: по сланцам 4, 10 и 16 (всего 30) и по песчаникам 5, 12 и 19 (всего 36). Диаметр первой окружности был равным 2, второй — 4 и третьей — 6,1 м при диаметре ствола вчерне 6,5 м.

Опыт проходки этого ствола с рекордной скоростью показал, какое большое значение имеет правильная организация ведения взрывных работ.

На проходке ствола впервые были разработаны и проверены новые параметры буровзрывного комплекса при трехметровых шпурах под патроны ВВ диаметром 45 мм.

Правильно выбранный и уточненный в процессе работ паспорт буровзрывных работ позволил добиться к. и. ш. в среднем за месяц 0,88 при высокой точности оконтуривания забоя, несмотря на применение удлиненного щита и необходимость иметь зазоры для его передвижения. Получил дальнейшее подтверждение метод сокращения времени на зарядание шпуров за счет привлечения к этой операции бурильщиков. На проходке ствола все бурильщики имели «Единую книжку взрывника» и каждый из них заряжал свои шпуры. Забойка шпуров осуществлялась гранулированным шлаком, который насыпался в специально приготовленные из прорезиненных вентиляционных труб мешки, которые проходчики легко могли вынимать из бадьи и приступать к забойке шпура, что также упростило организацию работ.

Повышение эффективности взрывных работ во многом способствовало получению рекордных темпов проходки стволов на шахтах «Чайкино-Глубокая» (100,7 м/мес), «Игнатьевская» (120,6 м/мес), № 5/6 им. Калинина (202,1 м/мес), «Буденновская-Восточная». (150 м/мес), «Бутовская-Глубокая» (241,1 м/мес).

Заслуживает внимания опыт проходки восстающих с применением скважин большого диа-

метра. Так, на руднике «Чибижек», треста «Запсибзолото», при проходке восстающего сечением

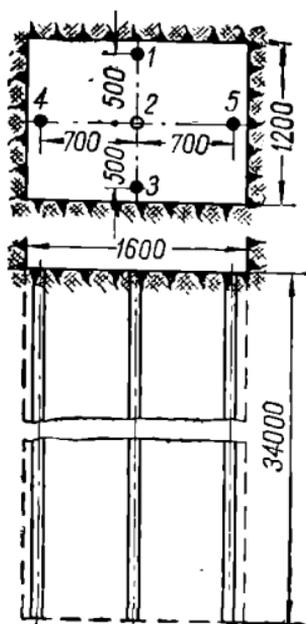


Рис. 49. Расположение скважин при проходке восстающего на Высокогорском руднике.

4,5 м² и длиной 30 м по центру выработки была пробурена скважина диаметром 100 мм, вокруг которой бурилось 12 шпуров глубиной 1,8 м обычного диаметра. Применение такого метода взрывания позволило повысить к. и. ш. с 0,7 до 0,95 и снизить расход ВВ на 1 пог. м восстающего в 1,37 раза.

На Высокогорском руднике при проходке восстающего сечением 1,2 × 1,6 м бурили 5 скважин (рис. 49) диаметром 115 мм на глубину 34 м. Скважины 1 и 3 были заряжены и взорваны на всю глубину. Затем небольшими зарядами заряжались и взрывались скважины 4 и

5. Скважина 2 не заряжалась.

Скважины большого диаметра в комплексе со шпурами обычного диаметра могут применяться и при проходке вертикальных стволов. Опытные взрывы с применением скважин диаметром 106 мм в комплексе со шпурами диаметром 42 мм были проведены в стволе площадью поперечного сечения 46,5 м² при крепости пород $f = 8$ и $f = 14$. Расположение шпуров и скважин приведено на рис. 50.

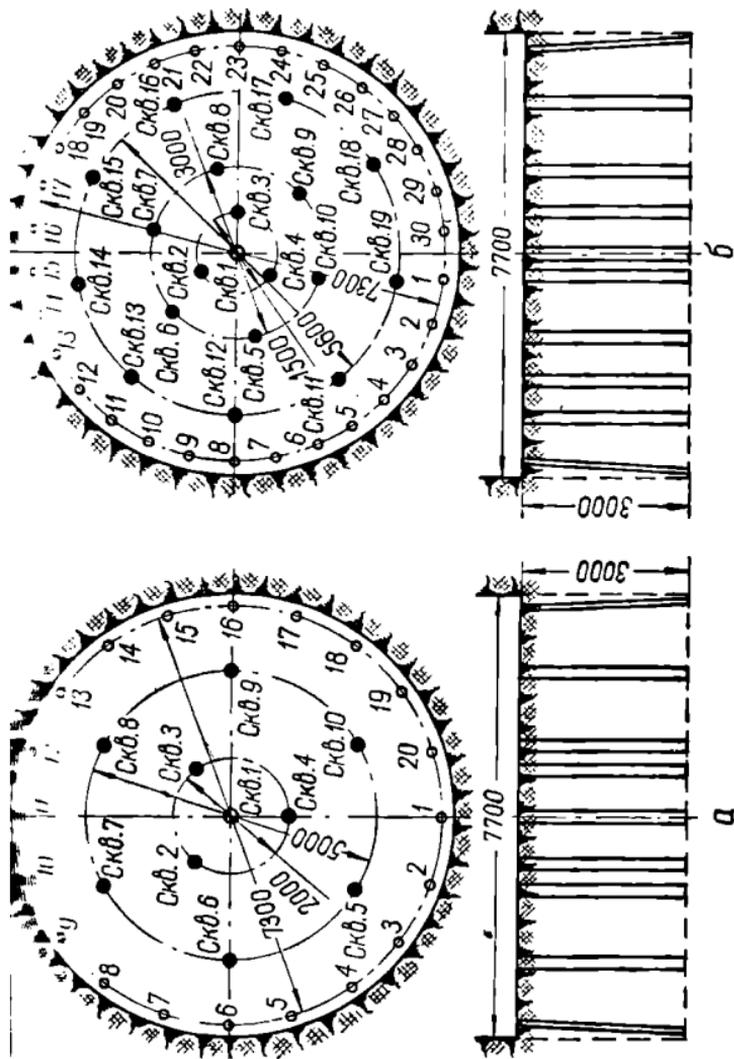


Рис. 50. Схема расположения скважин диаметром 106 мм и шпуров диаметром 42 мм при проходке ствола $S = 46,5 \text{ м}^2$.

а — по породам $f = 8$; б — по породам $f = 14$.

Коэффициент использования шпуров при этом повысился с 0,6 до 0,92 при крепости пород $f = 14$ и с 0,8 до 0,93 при взрывании по породам с крепостью $f = 8$. Расход ВВ при глубине скважин в породах с $f = 8$ снижается на 19%, а в породах с $f = 14$ на 40% по сравнению с обычным способом проходки. Исследованиями установлено, что при применении на проходке стволов скважин диаметром 82 и 106 мм объем породы, подлежащей ручной разборке, уменьшается до 10—14% по сравнению с 25% при шпурах диаметром 42 мм.

Производительность пневмопогрузчика БЧ-1 при применении скважин большого диаметра возрастает в 1,5—1,6 раза.

Опыт проходки вертикальных стволов за рубежом

На рудниках Южной Африки, Англии, Чехословакии и других стран в отдельных случаях были достигнуты высокие скорости проходки вертикальных стволов с применением передовых методов организации буровзрывных работ. Так, на шахте «Paskov» (Чехословакия) в октябре 1961 г. при проходке вентиляционного ствола диаметром в свету 7,5 м была достигнута скорость 221,5 м/сек. Глубина шпуров составляла 3 м, количество шпуров в комплекте 66. В качестве ВВ применялся перунит или перунал, вес заряда ВВ на одну заходку составлял 120 кг. Зарядку шпуров производили 8 человек, в качестве забойки применялись глиняные пыжи.

Высокие показатели по проходке вертикальных выработок получены и на некоторых других шахтах Чехословакии: на шахте Su—So II в ноябре 1958 г. пройдено 100,75 м/мес; на шахте «CSM-север» в октябре 1959 г.— 120,14 м/мес; на шахте «Bezruc» в октябре 1960 г.— 121,33 м/мес; на шахте «CSM-юг» в мае 1961 г.—157,63 м/мес.

Высокие скорости при проходке вертикальных стволов получены на Южноафриканских рудниках: Вест-Ранд — 232,7 м/мес, Фри Стэйт Саайплаас — 252,17 м/мес, на руднике «Ваал Рифс» — 291 м/мес, на руднике «Western Refefs» — 341 м/мес и на руднике «Hartebeest fontein» — 337 м/мес.

На одном из рудников Чехословакии был успешно испытан способ проходки вертикального ствола при выделении метана до 2—3 м³/мин с применением обычных породных ВВ. Для предотвращения воспламенения метановоздушной смеси в забой ствола с поверхности подавался углекислый газ. Взрывание комплекта шпуров осуществлялось в атмосфере, состоящей из 60—30% углекислого газа, 6—3% метана, 6—10% кислорода, что исключало возможность воспламенения метана.

Из других способов, применяемых в Чехословакии для предотвращения воспламенения метана при проходке вертикальных стволов, следует назвать водяную забойку в сочетании с водяными завесами. Так, при проходке ствола диаметром 7,5 м на глубине 389 м от поверхности были встречены сильно газоносные породы. Выделение метана достигало 6—8 м³/мин. В этих условиях зарядание шпуров осуществлялось обычным по-

родным ВВ, а в качестве забойки применялись ампулы с водой длиной 0,5 м, представляющие собой эластичную полиэтиленовую или поливиниловую трубку, наполненную водой. Кроме того, по всему сечению ствола на высоте 1,5 м от забоя подвешивались 4—5 полиэтиленовых мешка с водой емкостью по 30 л. Эти мешки взрывались с опережением по отношению к зарядам шпуров на 30—60 мсек; образовавшийся пар и туман распространялся в призабойном пространстве, частично вытесняя метановоздушную смесь или смешиваясь с ней.

Передовые методы организации взрывных работ при проходке горизонтальных и наклонных выработок

На шахте «Ново-Дружеская», треста «Лисичанскуголь», в сентябре 1960 г. бригада М. П. Слободенюка прошла 603 пог. м двухпутевого откаточного штрека.

Штрек сечением 13,3 м² вчерне (11,8 м² в свету) проходил по пласту угля мощностью 2,1—2,3 м и углом падения 22—24° с подрывкой в почве породного треугольника почвы высотой 1,9 м и шириной по низу около 3,8 м. В соответствии с паспортом буровзрывных работ (рис. 51) в угольном забое бурят 6 шпуров длиной 2,1 м. В качестве ВВ применялся аммонит ПЖВ-20, расход которого на один цикл составлял 30 кг.

На зарядке шпуров, помимо взрывника, задалживались проходчики, имеющие «Единую книжку взрывника». Такая организация работ

по зарядке, применение короткозамедленного взрывания наряду с другими организационными мероприятиями позволили достичь бригаде высоких темпов проходки

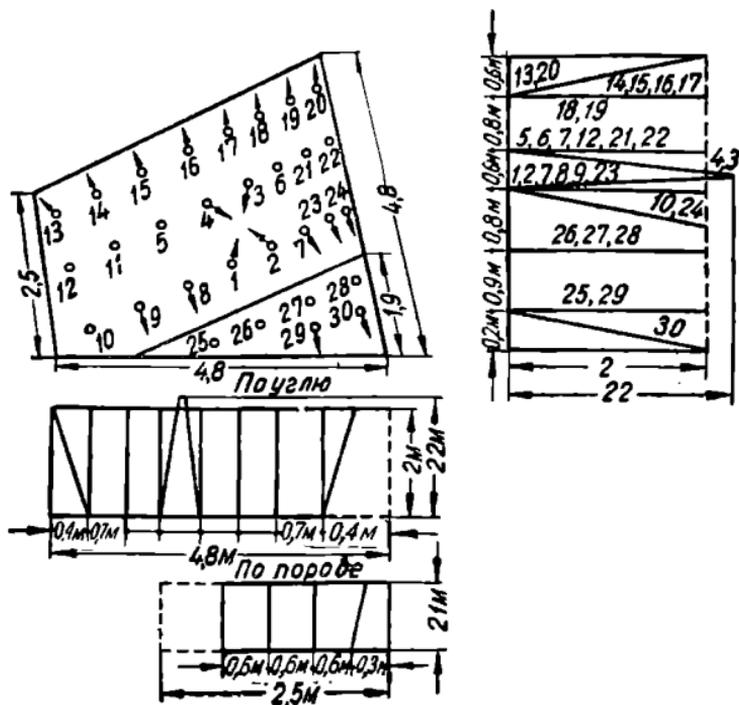


Рис. 51. Схема расположения шпуров при проходке откаточного штрека на шахте «Ново-Дружеская».

Больших успехов добилась бригада М. Станкевича на шахте «Замковская» № 2, треста «Кадневуголь», сумевшая в сложных горногеологических условиях пройти 562 пог. м штрека в месяц, из которых более 100 м сечением вчерне 14 м² (в свету 10 м²) пройдено по пустым породам и 462 м — смешанным забоем по углю и породе при сечении вчерне 10,1 м² и в свету 7,2 м².

Расположение шпуров в забое показано на рис. 52, из которого видно, что проходка штрека велась с опережением угольного забоя. После бурения на помощь мастеру-взрывнику для

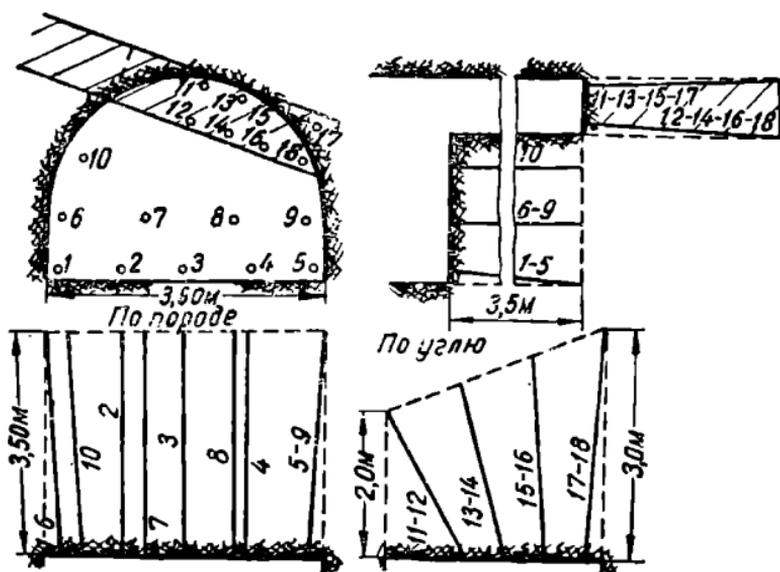


Рис. 52. Расположение шпуров при проходке штрека на шахте «Замковская» № 2.

зарядки шпуров приходило шесть проходчиков, имеющих «Единую книжку взрывника», что вместе с применением электродетонаторов ЭДКЗ значительно сокращало время на взрывные работы.

Правильно выбранный и отработанный паспорт буровзрывных работ, четкая их организация, применение короткозамедленного взрывания и в этом случае были основными предпосылками, обеспечившими высокие темпы проходки штрека.

Большие успехи достигнуты бригадой проходчиков шахты № 3 «Ново-Гродовка», треста «Селидовуголь», возглавляемой П. Гальченко, которая в октябре 1959 г. добилась рекордной на

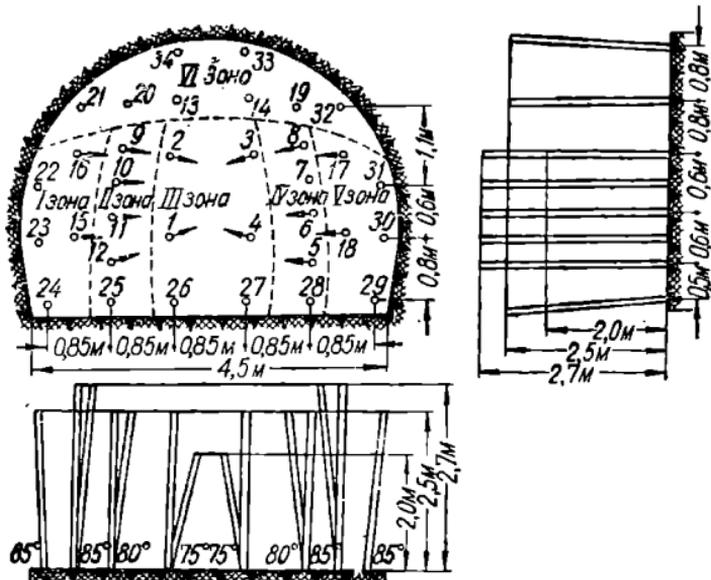


Рис. 53. Схема расположения шпуров при проходке полевого штрека на шахте «Черкасская-Северная».

этот период скорости проходки транспортного штрека — 565 *пог. м* в месяц. Используя передовые методы организации буровзрывных работ, погрузки горной массы и др., бригада Г. К. Агеева на шахте «Черкасская-Северная» № 2, треста «Ленинуголь», в марте 1960 г. прошла одним забоем 501 *пог. м* двухпутевого полевого штрека сечением в свету 12,5 м^2 (13,25 м^3 в проходке).

На рис. 53 изображена схема расположения 34 шпуров в забое, глубина шпуров от 2 до 2,7 м .

Величина заряда ВВ (скального аммонита) на один шпур составляла от 750 г до 2 кг. Взрывание зарядов осуществлялось электродетонаторами мгновенного короткозамедленного и замедленного действия. С целью сокращения времени на буровзрывные работы забой был разделен на 6 зон. После окончания бурения проходчиками, имеющими «Единую книжку взрывника», под руководством мастера-взрывника осуществлялось заряжание шпуров в закрепленных за ними зонах.

Следует отметить, что на проходке этого штрека внутренняя забойка шпуров производилась как глиной, так и частично песком при помощи пневмозабойников.

Благодаря применению передовых методов организации труда (в том числе и за счет правильной организации буровзрывных работ) достигнуты также значительные успехи по проходке выработок на шахтах горнорудной промышленности.

Так, на шахте «Новая», рудника им. Карла Либкнехта, в январе 1960 г. бригада проходчиков под руководством А. А. Денисенко добилась скорости проходки квершлага 403,4 м в месяц по породам средней крепости и весьма крепким. В качестве ВВ применялся скальный аммонит и детонит 6А; шпуры (35—37 шт.) заряжались взрывчатым веществом на полную глубину, вруб применялся центральный призматический, паление шпуров—огневое.

На шахте «Гигант», рудника им. Дзержинского, бригада А. Ростального прошла за месяц 421,8 пог. м полевого штрека сечением 11,9 м². Расположение шпуров при проходке этого штре-

ка показано на рис. 54. Глубина шпуров составляла 2,1 м, врубовых 2,3—2,4 м, количество шпуров в зависимости от крепости пород находилось в пределах 36—39; в породах с $f = 7 \div 8$ применялся центральный призматический вруб из пяти шпуров, а при $f = 11 \div 15$ количество врубовых шпуров увеличивалось до 7 при несколько ином их расположении. В качестве ВВ применялся водоустойчивый аммонит В-3 и в крепких породах — скальный № 1.

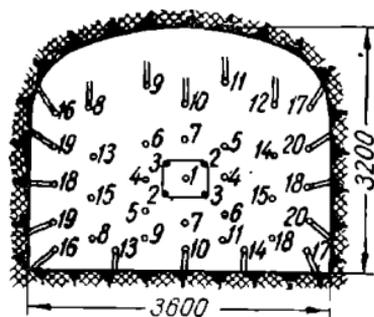


Рис. 54. Расположение шпуров при проходке полевого штрека на шахте «Гигант».

На руднике им. ХХ партсъезда проходческой бригадой В. И. Канцера в июне 1960 г. пройдено 441,5 пог. м квершлага сечением 11 м² по породам с коэффициентом крепости $f = 16 \div 17$. Количество шпуров составляло 30, глубина 2,2 м, вруб — центральный призматический, состоящий из 5 шпуров глубиной 2,5 м. Шпуры заряжались аммонитом В-3 и скальным № 1, паление шпуров огневое, пучковое. Как и в предыдущих случаях, на зарядке шпуров, помимо взрывника, задалживались 3—4 проходчика, имеющие «Единую книжку взрывника».

Правильный выбор параметров буровзрывных работ обеспечил к. и. ш. в среднем 0,9—0,95, что наряду с передовыми приемами организации всего проходческого цикла позволило достигнуть высоких темпов проходки квершлага.

Выдающиеся успехи передовых проходческих коллективов Донбасса за последние годы являются, в первую очередь, следствием правильной организации буровзрывных работ и использования достижений современной науки и техники.

Правильно используя передовой опыт отечественных и зарубежных угольных предприятий

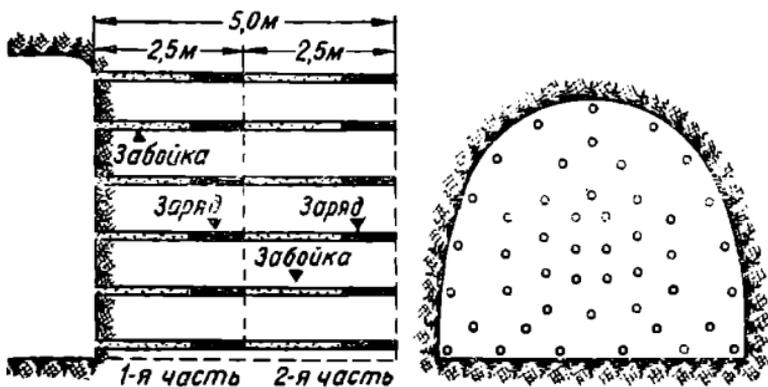


Рис. 55. Проходка выработки с помощью глубоких параллельных шпуров сдвоенными заходками.

по применению новых средств и методов ведения проходческих и в том числе буровзрывных работ, бригада М. Станкевичуса в начале 1962 г. прошла на шахте «Краснопольская-Глубокая», треста «Кадиевуголь», 1029 м/мес штрека. Этот рекордный показатель вскоре был перекрыт проходческим коллективом под руководством А. Бондаря. Его бригада на шахте 17-17-бис, треста «Чистяковуголь», прошла 1051 м/мес, а в июне 1962 г. бригада И. Семенова установила новый всесоюзный рекорд — пройдено 1063 м откаточного штрека в месяц.

Заслуживает внимания передовой опыт организации работ по проходке квершлага на Яхи-

мовских рудниках (Чехословакия), где в 1952 г. была достигнута скорость проходки 693,1 м/мес, в 1954 г. — 870,5 м/мес и в 1956 г. — 1021,3 м/мес. На некоторых зарубежных рудниках производят опыты по взрыванию глубоких параллельных шпуров сдвоенными заходками (рис. 55) из двух последовательно взрывааемых частей, при этом каждый шпур заряжается двумя рассредоточенными ярусными зарядами, между которыми помещается забойка. Все заряды взрываются в один прием, а степени замедления шпуровых зарядов устанавливаются таким образом, чтобы сначала была взорвана первая часть заходки длиной 2,5 м и через незначительный интервал времени — вторая часть такой же длины.

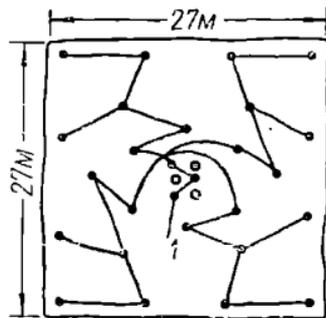


Рис. 56. Схема соединения шпуров огнепроводным шнуром при проходке выработок на рудниках Южной Африки:
1 — конец зажигательного шнура.

По данным зарубежной печати при скоростных проходках выработок в Англии наибольшее распространение получил прямой вруб, а также клиновой вруб. В практике проведения выработок в Южной Африке применяют почти исключительно нижний вруб. В качестве ВВ чаще всего используют 60%-ный гелигнит в патронах диаметром 25 и 32 мм. Расход ВВ на 1 м³ породы составляет 2,7—3,0 кг. Взрывание зарядов почти исключительно огневое, концы огнепроводного шнура зажигаются пластичным зажигательным

шнуром со скоростью горения 3 см/сек (рис. 56). На шахтах Англии и других стран применяют

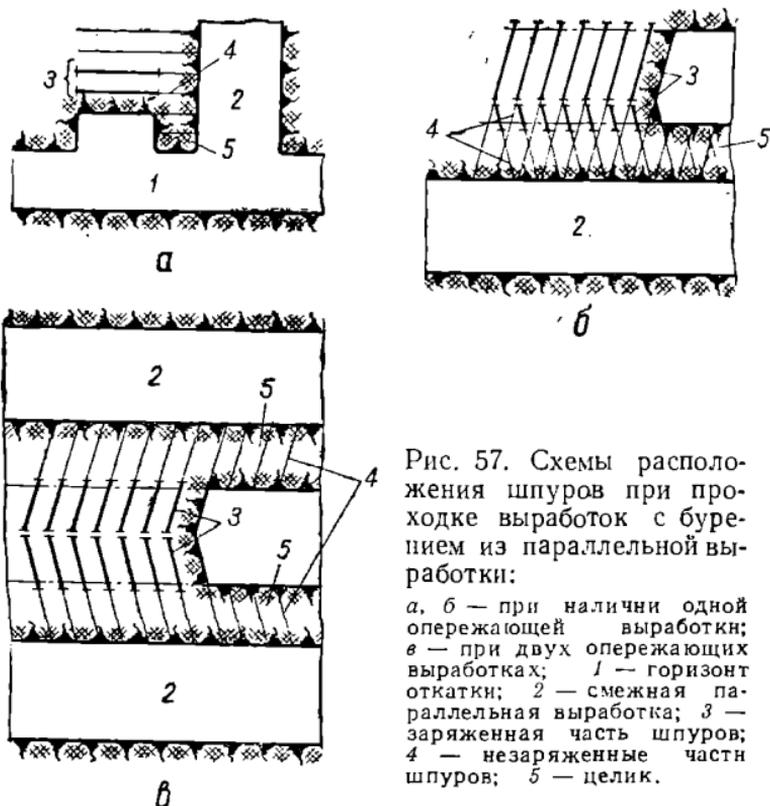


Рис. 57. Схемы расположения шнуров при проходке выработок с бурением из параллельной выработки:

а, б — при наличии одной опережающей выработки; в — при двух опережающих выработках; 1 — горизонт откатки; 2 — смежная параллельная выработка; 3 — заряженная часть шнуров; 4 — незаряженные части шнуров; 5 — целик.

в подавляющем большинстве случаев электрический способ взрывания.

На рудниках Швеции находит применение способ проходки выработок с расположением шнуров параллельно поверхности забоя (рис. 57). Очевидно, это возможно при наличии параллельно расположенной опережающей выработки с одной или двух сторон от проходимой. Этот метод позволяет лучше использовать энергию взрыва

заряда ВВ и осуществлять многомолотковое бурение шпуров независимо от других операций проходческого цикла. Расход ВВ и средств взрывания в этом случае снижается. Если ширина целика не превышает ширины выработки, то уменьшается также количество шпурометров на 1 м^3 взрываваемой породы. Число шпуров в одном

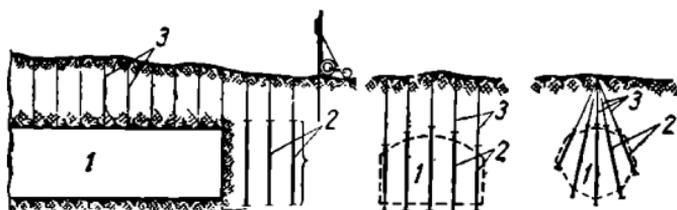


Рис. 58. Проходка туннелей методом бурения взрывных скважин с поверхности:

1 — проходная выработка; 2 — заряжаемая часть скважины; 3 — незаряженная часть скважины.

ряду зависит от физико-механических свойств пород, л. н. с. (расстояние между вертикальными рядами) обычно принимается при проходке выработок небольшого сечения ($5-7 \text{ м}^2$) $0,8-1 \text{ м}$; при сечении выработок 15 м^3 л. н. с. составляет $1,2-1,3 \text{ м}$.

Бурение шпуров из параллельной выработки может быть применено как при проходке горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок, так и при ведении очистных работ, в частности, при камерно-столбовой системе разработки бедных руд. В этом случае оставшиеся в целиках части шпуров могут быть использованы при последующей отработке целиков.

На рис. 58 показаны примеры проходки туннеля при бурении скважин с поверхности.

В табл. 100 приведены технико-экономические показатели применения метода бурения шпуров из параллельной выработки по сравнению с обычным способом.

100. Сравнение технико-экономических показателей при проходке выработок обычным способом и методом бурения шпуров из параллельной выработки

Породы	Показатель	Значение показателей при проходке выработок	
		обычным способом	бурением через целик из параллельной выработки
Сланцы. Выработка размером 6 × 3,6 м	Расход шпурометров, м/м ³ взорванной породы	1,3	Бурение шпуров через целик шириной 3 м 0,85
	Расход ВВ, кг/м ³	0,5	0,45
	Надвигание за цикл, м	2,8	4,0
Железная руда. Выработка размером 5 × 3,5 м	Расход шпурометров, м/м ³ взорванной породы	3,21	Бурение через целик шириной 5 м 2,2
	Расход ВВ, кг/м ³	1,48	0,86
	Подвигание за цикл, м	2,6	7,0

ВЗРЫВАНИЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Отбойка полезного ископаемого в подземных условиях может осуществляться методом скважинных, шпуровых и камерных зарядов.

Отбойка полезного ископаемого глубокими скважинами

При подземной отбойке руды скважинными зарядами (рис. 59) применяют главным образом два способа расположения скважин: параллельный и веерный. В зависимости от направления скважин по отношению к горизонту различают отбойку вертикальными (рис. 59,а), горизонтальными (рис. 59,б) и наклонными слоями.

Диаметр скважин в подземных условиях колеблется от 75 до 125 и даже 150 мм. Толщина отбиваемого слоя находится в пределах от 1,5 до 5,5 м в зависимости от крепости руды, диаметра скважины и применяемого ВВ; коэффициент сближения скважин обычно составляет 1,7—1,4 л. н. с.

При применении веерных комплектов шпуров за счет переменного расстояния между соседними скважинами достигается неравномерное дробление: вблизи устьев скважин — переизмельчение, на концах — большой выход негабарита, в виду чего в крепких породах расстояние между концами двух веерных скважин не должно превышать л. н. с. Вблизи устья скважины обычно заряжают через одну, а то и через две и, таким образом, остается не использованной до 25—30% длины пробуриваемых скважин.

Пучковое расположение скважин применяется при обрушении междукammerных целиков и потолочин. Наилучший эффект получается, когда веерные комплекты бурят из двух выработок, расположенных по диагонали с противоположных сторон камеры (рис. 60).

Расчет заряда при отбойке руды глубокими

скважинами производят, исходя из объема обуренной руды и удельного расхода ВВ на 1 м^3 , с учетом необходимости равномерного размещения ВВ по отбиваемому рудному массиву; это имеет особо важное значение при веерном распо-

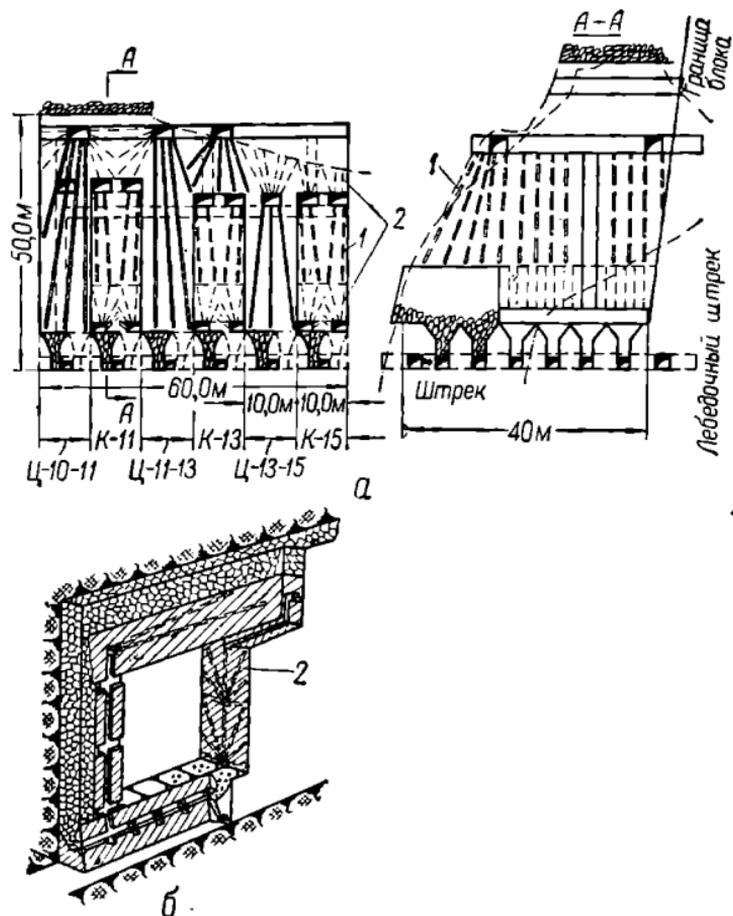


Рис. 59. Отбойка руды

а — вертикальными параллельными; *б* — вертикальными слоя-
а — горизонтальными скважинами; *1* — вертикальные скважи-
 штангового

ложении скважин, хотя именно в этих условиях равномерное размещение ВВ трудно осуществить.

Линия наименьшего сопротивления (табл. 102) определяется по формуле

$$\omega = d \sqrt{\frac{7,85\Delta}{qt}} \text{ м,}$$

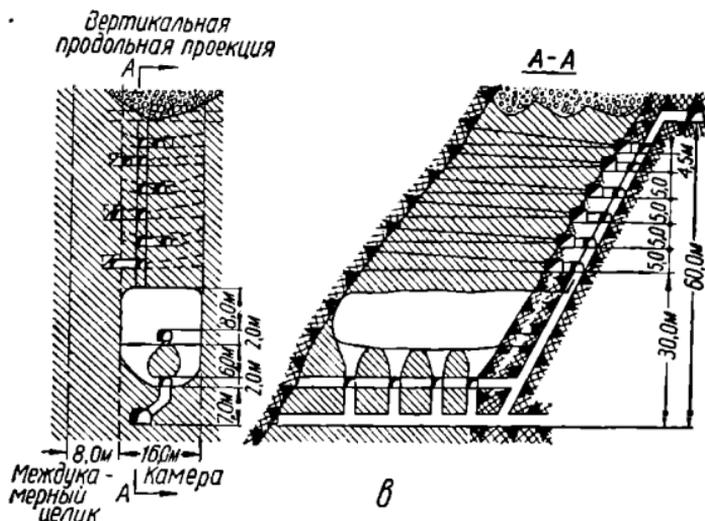
где d — диаметр скважины, дм ;

Δ — плотность ВВ в заряде, г/см^3 ;

t — коэффициент сближения скважин, принимается равным 0,8—1,2;

q — удельный расход ВВ, кг/м^3 (табл. 101).

Пневмозарядчик выполнен в виде составной дюралюминиевой трубы длиной 40 м и диаметром 100 мм, передний конец которой снабжен наконечником, а противоположный — магазин-за-



глубокими скважинами:

ми с верным расположением (система подэтажных штреков);
ны дробового бурения; 2 — восходящие взрывные скважины бурения.

твором с воздухоподводящим шлангом диаметром 25 мм. Регулирование подачи сжатого воздуха в пневмозарядчике осуществляется специальным краном. Труба пневмозарядчика собирается из отдельных двухметровых звеньев. Внутри наконечника расположены ножи для разрезания патронов ВВ. Для

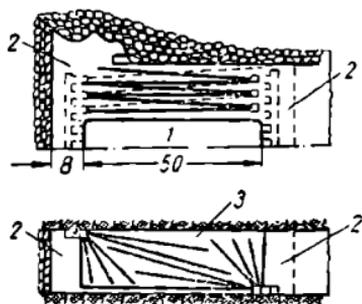


Рис. 60. Обрушение потолочины ярусными скважинами: 1 — камера; 2 — междукламерный целик; 3 — потолочина.

уменьшения отдачи и выноса из скважины ВВ в наконечнике просверлено 8 отверстий диаметром 20 мм.

Для улавливания ВВ, выносимого отработанным воздухом, предусмотрен пылеуловитель, который надевают на трубу и раструбом подводят к устью скважины. Он

состоит из основания, внутри которого вставлен резиновый конус, закрепленный к конусу основания шестью заклепками.

Зарядание скважин осуществляется следующим образом. В наконечник, предварительно навинченный на одну из труб колонны, вставляют патрон-боевик и закладывают скважину так, чтобы детонирующие шнуры были сверху, затем зарядчик собирает колонну труб и проталкивает ее в скважину. После того как патрон-боевик дойдет до забоя, в магазин-затвор помещают 3—5 патронов ВВ, отодвигают на 1,5—2 м наконечник от забоя и пускают сжатый воздух (на 0,5—1 сек), которым досылают патроны до забоя и т. д.

В результате испытания пневмозарядчика

установлено, что благодаря его применению облегчается труд взрывников в 1,5—2 раза, увеличивается производительность труда при зарядании скважин по сравнению с ручным способом, увеличивается плотность укладки ВВ в скважине диаметром 100 мм до 9,5 кг/м. Расчеты показывают, что за счет этого можно увеличить л. н. с. и сократить объем буровых работ на 20—30%.

101. Приближенные значения удельного расхода аммонита № 6 для расчета скважинных зарядов (по данным Союзвзрывпрома)

Коэффициент крепости по Протодьяковому	q , кг/м ³	Коэффициент крепости по Протодьяковому	q , кг/м ³
0,3—0,4	0,95	8	1,7
0,5—0,8	1,1	10	1,8
1—2	1,25	12	1,9
3—4	1,4	14	2,0
5	1,5	16	2,1
6	1,6	20	2,2

102. Значения л. н. с. и расход ВВ для условий Кривбасса при отбойке руды горизонтальными скважинами диаметром 85 мм

Коэффициент крепости по Протодьяковому	Л. н. с., м	Вес аммонита на 1 пог. м скважины, кг*	Фактический расход ВВ на 1 м ³ взрываемой руды, кг
3	4,0	3,2—3,7	0,35
4—5	3,5	3,2—3,7	0,42
6	3,0	3,2—3,7	0,49
7	2,5	3,2—3,7	0,6

* Меньшие значения — при патронах ручного изготовления, большие — при заводской патронировке.

На рис. 61 приведены графики, показывающие зависимость скорости детонации от плотности заряда и его диаметра.

Глубокие скважины диаметром 85 мм обычно заряжаются патронами длиной 500 мм, диа-

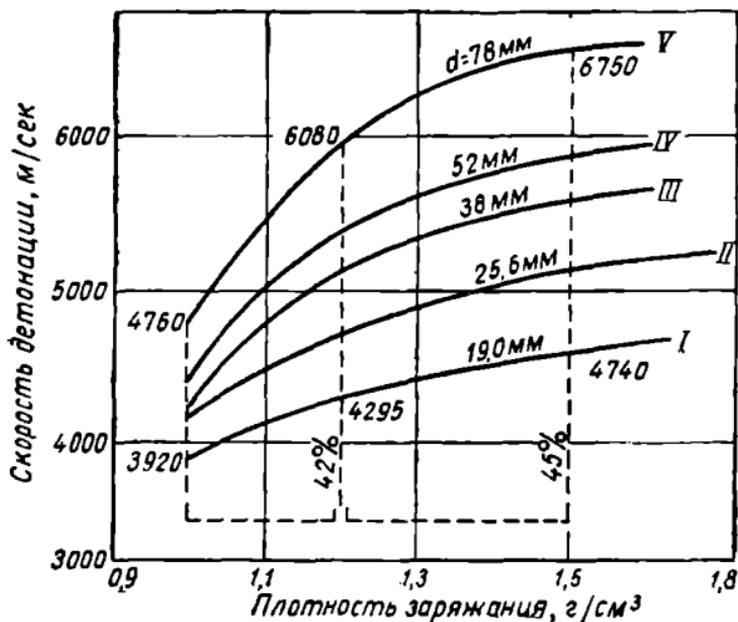


Рис. 61. График зависимости скорости детонации от диаметра и плотности заряда из аммонита № 6 (по И. А. Остроушко).

метром 70 мм и весом 1,85 кг. В качестве ВВ применяют аммонит № 6 прессованный и порошкообразный, аммонит № 6 ЖВ, В-3, скальные аммониты № 1 и 2 прессованные и др. При этом прессованные ВВ должны иметь диаметр, близкий к диаметру скважины, но достаточный для свободного прохождения патронов по всей ее длине.

Патроны посылают при помощи составных забойников, которые представляют собой деревян-

ные стержни диаметром 30 мм и длиной 1,2 м с утолщенными концами. Процесс зарядки заключается в том, что к звену забойника, вводимому в скважину первым, привязывают канатик, а далее звенья подают одно за другим. Когда подталкиваемые 2—3 патрона ВВ достигнут дна скважины или торца последнего патрона, при помощи канатика извлекают звенья забойников из скважины и закладывают следующие 2—3 патрона.

В последние годы ведутся работы по механизации процесса заряжания. Гипрорудмаш разработал конструкцию пневмозабойника ИПЗ для заряжания порошкообразными патронированными аммиачно-селитренными ВВ горизонтальных и наклонных (до 50°) скважин диаметром 100 мм, глубиной 4,0 м, имеющего следующую техническую характеристику:

Диаметр патронов, мм	60
Вес патрона, кг	1,5
Средняя производительность по ВВ, кг/ч	400
Плотность укладки ВВ в скважине диа- метром 100 мм, кг/пог. м	9,5
Давление сжатого воздуха, ат	4—6
Вес пневмозарядчика, кг	65
Общий вес с чехлами для переноски с инструментом, кг	90

Из графика видно, какое большое значение имеет повышение плотности заряда, которое может быть достигнуто при механизации зарядки. Опытами установлено также, что при повышении плотности аммонита № 6 от 1,0 до 1,45 г/см³ бризантность его возрастает с 10,1 до 14,5 мм.

Предварительными опытами установлена возможность применения пневмозарядчика ИПЗ для

заряжания вертикальных скважин (но без ножей); при этом плотность укладки ВВ в скважине диаметром 100 мм составляет 7,5—8 кг/м.

Указанное обстоятельство имеет большое значение, так как за последние годы получили ши-

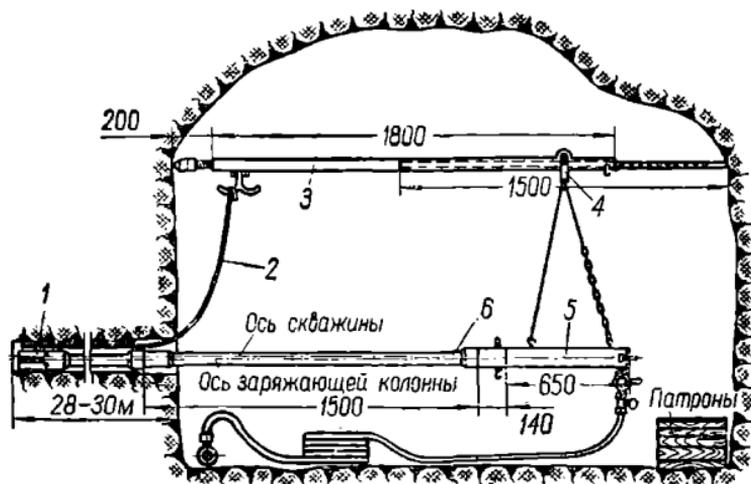


Рис. 62. Заряжание скважины с помощью пневмозарядчика ПЗ-100:

1 — ножевой наконечник; 2 — детонирующий шнур; 3 — распорная колонка; 4 — подвесное устройство; 5 — магазин-зап. тв. р; 6 — заряжающая колонна.

рокое распространение варианты систем с отбойкой руды восстающими скважинами, что позволяет снизить объем малопродуктивных подготовительных и нарезных работ. Однако эффективность отбойки руды восстающими скважинами оставалась недостаточно высокой из-за отсутствия механизированных способов зарядки скважин и низкой плотности заряжания. На рис. 62 показан пневматический зарядчик скважин ПЗ-100 конструкции проф. И. А. Остроушко.

При ручном способе зарядки скважин возможна только патронированными ВВ с небольшой плотностью заряжения из-за изменения диаметра скважины с глубиной, неровностей стенок и т. п. Так, при бурении пневмоударниками крепких и абразивных микрокварцитов диаметр скважины из-за износа бурового инструмента изменяется от 150 мм у устья скважины до 130 мм на глубине 25—30 м. Для заряжения таких скважин применяются патроны диаметром 110 мм, в результате чего объем скважины используется на 50—60%, а выход руды с 1 пог. м скважины обычно составляет 50—60% по сравнению с применением нисходящих скважин. Кроме того, заряжение восходящих скважин вручную малопродуктивно. Так, по данным Лениногорского комбината 3 человека за шестичасовую смену заряжают не более 6 вертикальных скважин глубиной 20—22 м, а на заряжение вертикальной скважины глубиной 30 м задалживается около 2 ч.

На Лениногорском полиметаллическом комбинате находит применение пневмозарядчик ЗЛП-2, предназначенный для зарядки скважин глубиной до 50 м, диаметром 100—200 мм, с углом наклона к горизонту от 0 до 90°.

Опыт механизированной зарядки скважин патронированным ВВ на руднике «Молибден» показал, что по сравнению с ручной зарядкой производительность рабочих повышается на 54%, плотность укладки ВВ в скважине увеличивается на 32—37%, а в отдельных случаях при зарядании скважин диаметром 100 мм плотность зарядки увеличивается от 6,3 до 9,6—9,7 кг/пог. м. Объемная плотность укладки ВВ в

скважину увеличивается с 0,74 до 0,97—1,11 г/см³.

Опыты, проведенные на руднике «Молибден», показали также, что принципиально возможно заряжать горизонтальные и слабонаклонные

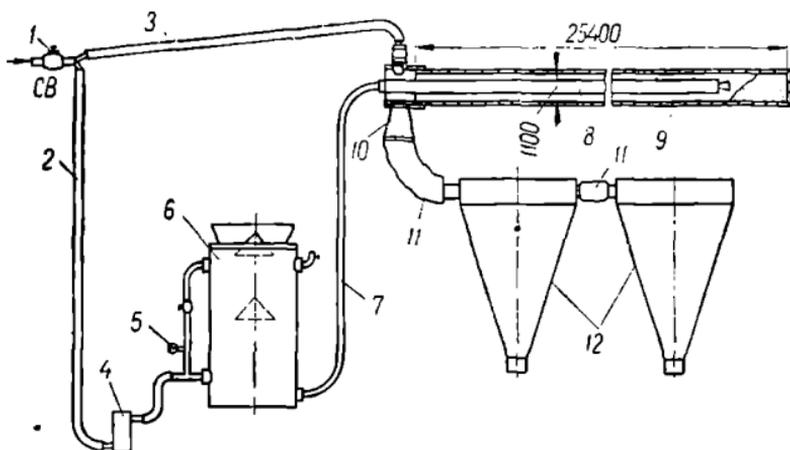


Рис. 63. Схема опытной установки для зарядки скважин порошкообразным ВВ:

1 — магистраль сжатого воздуха; 2 — шланг, подводящий воздух к зарядной пушке; 3 — шланг, подводящий воздух к эжекторной установке; 4 — воздухомер; 5 — манометр; 6 — зарядная пушка; 7 — шланг, соединяющий пушку с зарядной колонной; 8 — заряжающая колонна; 9 — скважина; 10 — эжекторная установка; 11 — гофрированные рукава; 12 — циклон для улавливания аммонитной пыли.

скважины порошкообразными ВВ с помощью сжатого воздуха. При этом плотность укладки достигает 0,94 г/см³, погонная плотность составляет 7—7,6 кг/пог. м, производительность установки достигает 9,2 кг/мин. Оптимальное расстояние конца заряженной колонны от забоя, где откладываются ВВ, составляет 0,5—1,0 м.

Принципиальная схема пневмозарядчика для зарядки скважин порошкообразным ВВ приведена на рис. 63.

На рис. 64 показана конструкция пневмозарядчика для зарядки скважин диаметром до 76 мм патронированным ВВ, применяемая на шведских рудниках.

Производительность такой установки, обслуживаемой двумя рабочими, составляет 3 скважины в час диаметром 76 мм, длиной 36 м каждая. Плотность зарядки при этом достигает 1,3—1,4 кг/дм³.

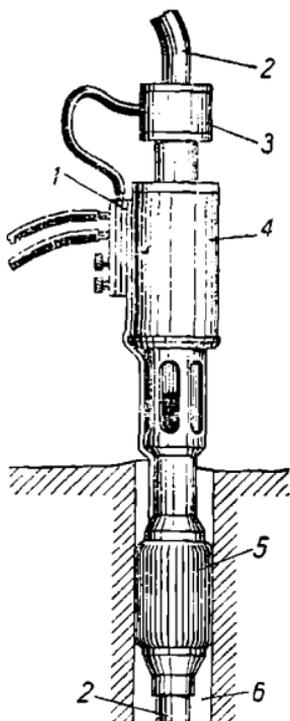


Рис. 64. Пневмозарядчик для зарядки скважин патронированными ВВ:

1 — корпус клапана; 2 — зарядяющий шланг; 3 — пневматический зажим; 4 — пневмоцилиндр; 5 — пневмофиксатор; 6 — скважина.

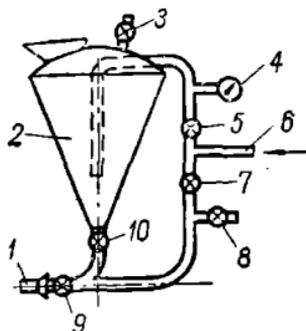


Рис. 65. Схема пневмозарядчика для зарядки скважин смесью аммиачной селитры с дизельным топливом: 1 — зарядная труба; 2 — смешительный бак; 3, 5, 7, 8, 9 — клапаны; 4 — манометр; 6 — магистраль сжатого воздуха; 10 — нижний клапан смешительного бака.

За восьмичасовую смену таким пневмозарядчиком можно укладывать в скважины 800—1300 кг ВВ.

На рудниках ряда зарубежных стран в настоящее время применяют механизированную зарядку скважин смесью аммиачной селитры с горючим (рис. 65). Смешение компонентов производится в смесительном баке, а затем с помощью сжатого воздуха смесь подается в зарядную трубу и в скважину. Когда скважина наполнена ВВ, закрывают предохранительный клапан воздуха для зарядки и открывают клапан 3 для снятия давления внутри бака. Затем зарядную трубу вставляют в следующую скважину, закрывают клапан 3 и производят зарядку, открывая клапаны 5 и 10. В случае закупорки зарядной трубы производится ее продувание, перекрывая клапан 10 и открывая клапаны 7 и 9.

При зарядании обводненных скважин в Швеции применяют эластичные водонепроницаемые оболочки, имеющие такую же длину и диаметр, как и скважина. Перед началом зарядки скважина продувается воздухом, затем на зарядную трубу надевается оболочка и труба вводится в скважину. По мере наполнения оболочки взрывчатой смесью труба вынимается, а заряд таким образом оказывается водонезолированным.

На некоторых американских рудниках применяют пневматические аппараты для зарядки скважин взрывчатой смесью селитры с дизельным топливом с последующим использованием пневмозарядчика для пневмозабойки скважин.

Пневмозарядчик американской конструкции состоит из загрузочной камеры емкостью 40 кг ВВ, к верхней части которой присоединяется воронка с сеткой. Для размельчения кусков селитры в воронке укрепляется на вращающейся оси с рукояткой металлическая планка. Загру-

зочное окно камеры герметически закрывается изнутри конусообразной крышкой. Корпус пневмозарядчика — алюминиевый, воронка из листовой стали или алюминия, вес установки до 90 кг. Установка может быть смонтирована на передней части шасси передвижного компрессора. Плотность заряжения скважин взрывчатой смесью селитры с горючим с помощью этого пневмозарядчика повышается на 20%, а трудоемкость значительно снижается. Так, заряжание скважины емкостью 240 кг ВВ осуществляется в течение 7 мин. Стоимость пневмозабойки этим аппаратом снижается в 5 раз. Оптимальное давление воздуха при зарядке скважин 2,8 ат, при забойке — 4,2 ат.

В практике зарядки восстающих скважин с целью увеличения плотности заряжения и закрепления патрона в скважине обычно на оболочке патрона делают косые (относительно образующей цилиндра) надрезы. При этом длина линии надреза на патроне весом 2—5 кг не допускается более 50—70 мм, в противном случае не удастся довести патрон до забоя скважины из-за просыпания.

Практическое значение надреза сводится к удержанию патрона, так как только часть его имеет возможность расширяться до стенок скважины. Применение такого способа заряжения нередко приводило к образованию пробок и пустот в скважине.

На рудниках Лениногорского комбината для удержания патронов ВВ в восстающих скважинах при заряжении применялись специальные средства — «парашюты» (рис. 66), а для повышения плотности зарядки — специальные патроны

ВВ с расширяющейся оболочкой: наружная — из гладкой бумаги и внутренняя — из гофрированной (рис. 67).

Наружная оболочка имеет линию перфорации для облегчения ее разрыва.

После того как патрон дослан до забоя скважины, давлением забойника наружная оболочка

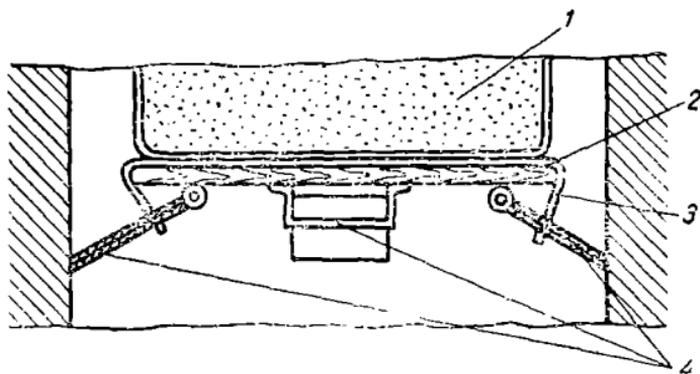


Рис. 66. Схема устройства «парашюта» для удержания патронов ВВ в восходящих скважинах:

1 — патрон ВВ; 2 — круг из трехслойной фанеры; 3 — полосовая резина; 4 — металлические лапки «парашюта».

разрывается по линии перфорации, а внутренняя, расширяясь, позволяет заполнить взрывчатое вещество весь объем скважин. При уплотнении заряда в вертикальной скважине вручную в процессе испытания была получена плотность заряжения $1,00—1,05 \text{ кг/дм}^3$.

Испытаниями установлено, что если при обычном способе заряжения глубоких скважин с начальным диаметром 150 мм и конечным 130—140 мм вместимость 1 м скважины составляет 9—10 кг ВВ, то при заряжении патронов с одной складкой она равняется 13—15 кг ВВ, а при при-

менении внутренней оболочки патрона из гофрированной бумаги — 15—16 кг/м скважины.

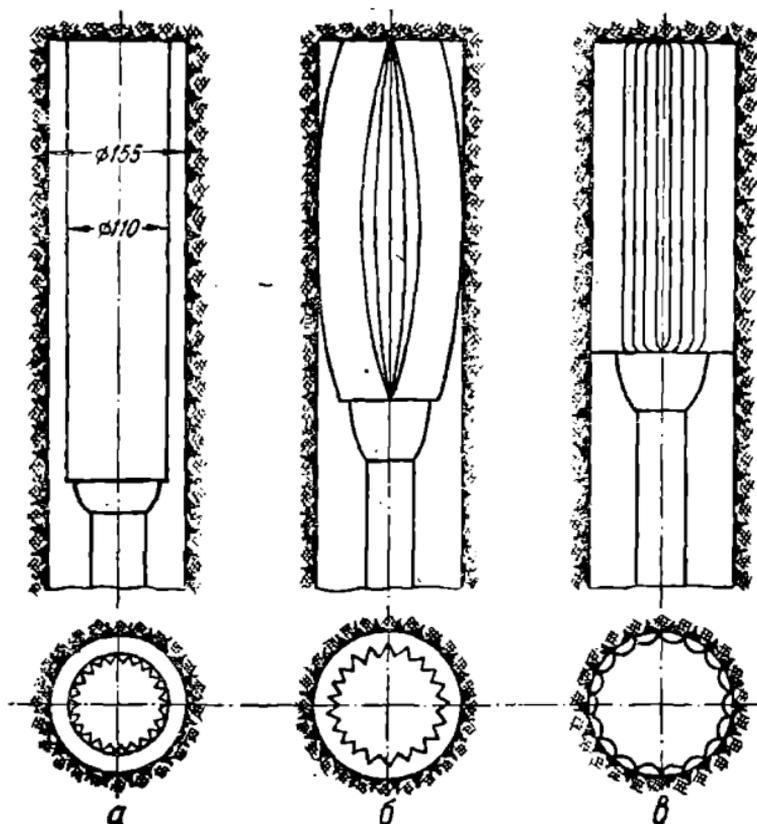


Рис. 67. Заряжание скважин патронами с расширяющейся гофрированной оболочкой:
а — патрон дослан до забоя скважины; *б* — начало уплотнения патрона; *в* — положение патрона после уплотнения.

Патроны с расширяющейся оболочкой могут применяться как при механизированном заряжении, так и при ручном.

В каждую глубокую скважину с первым патроном вводят две нитки детонирующего шнура,

которые после заряжания скважин соединяют в пучок и вводят в боевой узел (0,2—1 кг динафталита или динамита). В боевой узел помещают 2—3 электродетонатора, взрывание которых осуществляют из минной станции, расположенной на поверхности.

При монтаже взрывания сети из детонирующего шнура необходимо строго следить за тем, чтобы он не перегибался под острым углом, не был соединен против хода детонационной волны, не имел узлов и т. п. Заряды можно взрывать только после того, как из шахты будут выведены все люди. Электродетонаторы можно вводить в боевые узлы только после полного выключения тока во всей шахте.

В последнее время на отбойке руды в подземных условиях глубокими скважинами начинает находить применение короткозамедленное взрывание. Сущность его состоит в одновременном взрывании всех скважин в каждом слое и взрывании слоев с замедлением 25—40—50 мсек, которое может достигаться при помощи петли детонирующего шнура, пиротехнических замедлителей детонирующего шнура или применением электродетонаторов короткозамедленного действия. Короткозамедленное взрывание имеет исключительно большое значение, так как практика показала, что основным фактором, определяющим экономически эффективный метод уменьшения кусковатости отбитой руды, являются параметры буровзрывных работ: для хрупких, легко дробящихся руд — главным образом увеличение расхода ВВ на первичную отбойку руды с увеличением диаметра скважины; для руд вязких, монолитных — увеличение степени равномер-

ного размещения ВВ в отбиваемом массиве, увеличение расхода ВВ при уменьшении диаметра скважин.

Однако при выборе параметров буровзрывных работ нередко возникают условия, при которых их осуществление становится трудным. Например, сближение скважин определенного заряда для требуемого измельчения руды не позволяет производить последовательную их отбойку без нарушения зарядов смежных скважин или слоев, которые взрываются с некоторым замедлением. В этих условиях короткозамедленное взрывание скважин является единственным средством, позволяющим производить требуемое равномерное размещение ВВ в сближенных скважинах с целью измельчения руды.

Помимо этого, короткозамедленное взрывание глубоких скважин дополнительно измельчает отбитую руду в результате соударений кусков при их движении, значительно уменьшает действие воздушной ударной волны и динамического удара на днище блока, а также позволяет уменьшить воздействие сейсмического эффекта на целики, вмещающие породы и рудный массив в результате уменьшения количества одновременно взрываемого ВВ без ухудшения качества дробления руды.

Отбойка полезного ископаемого минными зарядами

Метод производства взрывных работ сосредоточенными зарядами применяется в подземных условиях для следующих целей:

а) отбойка руды в очистных камерах при

системе разработки, так называемой минной отбойки (рис. 68);

б) обрушение междукамерных целиков и толочин;

в) погашение пустот.

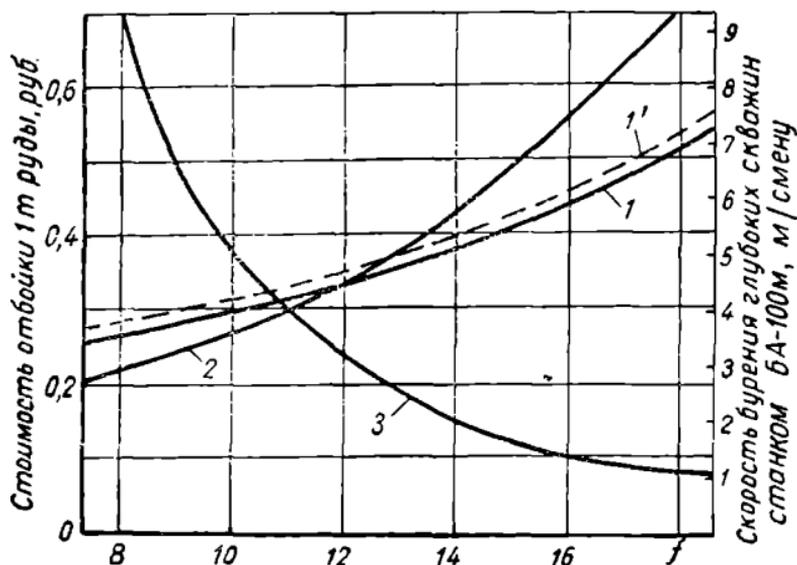


Рис. 69. График зависимости стоимости отбойки руды и скорости бурения скважины от крепости руды:

1 — при минной отбойке (по рабочей силе и ВВ); 1' — то же, с учетом затрат на восстановительные работы после взрыва; 2 — при отбойке глубокими скважинами; 3 — скорость бурения глубоких скважин (по данным В. Д. Прилипенко).

Система с минной отбойкой широко применяется для добычи руд цветных и черных металлов, химического сырья и т. п. при мощности рудной залежи не менее 12—15 м, крутом ее падении, правильной форме рудного тела и вполне устойчивых вмещающих породах. Ее применение вызывается трудностью бурения скважин в крепких рудах, несмотря на такие ее недостатки, как чрез-

вычайно неравномерное дробление руды при очень большом выходе негабарита и значительном объеме нарезных работ.

На рис. 69 изображен график, показывающий изменение стоимости отбойки 1 т руды минными зарядами (кривая 1 и 1') и глубокими скважинами (кривая 2) в зависимости от крепости руды.

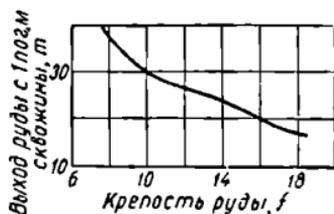


Рис. 70. График зависимости выхода руды с 1 пог. м скважины от крепости руды (по Б. Д. Прилипенко).

На этом же рисунке приведен график (кривая 3), показывающий зависимость скорости бурения глубоких скважин от крепости руды, а на рис. 70 — выход руды с 1 пог. м в зависимости от ее крепости.

Анализ графиков рис. 69 и 70 показывает, что в настоящее время экономически целесообразно применять способ отбойки глубокими скважинами в рудах с коэффициентом крепости до 12, в то время как в более крепких рудах целесообразнее минная отбойка.

По мере совершенствования техники бурения скважин область применения способа отбойки глубокими скважинами будет расширяться в сторону более крепких руд.

Величина л. н. с. при минной отбойке составляет обычно 6—14 м, расстояние между одновременно взрываемыми зарядами принимается в пределах 0,8—1,25 л. н. с. При расчетах зарядов по погашению потолочин расчетный удельный расход ВВ следует уменьшать на 15—25%, а при погашении целиков удельный расход для

угловых зарядов следует повышать на 20—25%. Минные выработки для размещения ВВ обычно располагают так, чтобы в горизонтальной плоскости они представляли букву Т. При массовом обрушении слоев в камерах большой протяженности обычно проходят минные штреки, а из них под прямым углом — минные орты, в конце которых устраивают минные камеры для размещения ВВ.

При минной отбойке все операции, связанные с доставкой и укладкой ВВ, в большинстве случаев выполняются вручную, что требует больших затрат труда и времени; поэтому повышение производительности труда при этом способе ведения взрывных работ возможно главным образом за счет механизации процесса зарядки.

На Тырны-Аузском комбинате был разработан и испытан способ механизированной зарядки минных камер порошкообразным ВВ с помощью сжатого воздуха (рис. 71). Пневмозаряжающая установка состояла из загрузочного аппарата (в качестве его использовалась стандартная цемент-машина С-164), ведущей магистрали, собранной из железных труб и резиновых шлангов диаметром 38 мм, по которой аммонитно-воздушная смесь подавалась в камеру, и циклона ЛИОТ, подвешиваемого в зарядной камере над местом размещения заряда и служащего для осаждения порошка ВВ из пылевоздушной смеси. Образующаяся при этом аммонитная пыль улавливается матерчатым фильтром.

На рис. 72 показана схема оборудования минной выработки при пневмозарядке. Трудоемкость зарядки минных камер такой установкой умень-

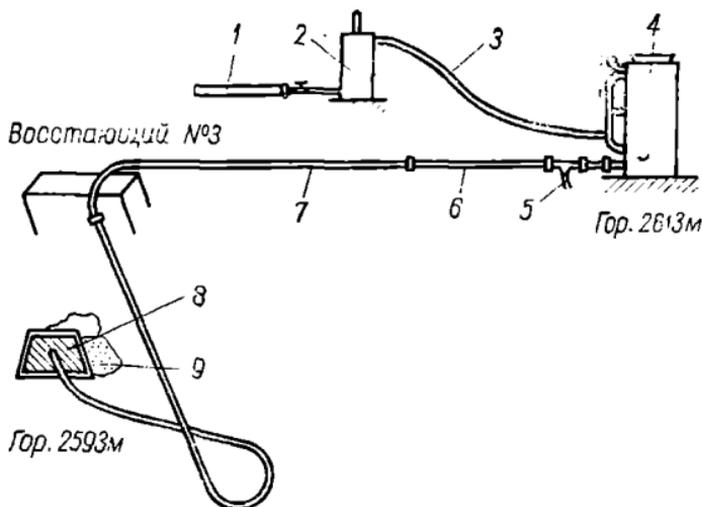


Рис. 71. Схема пневмозаряжающей установки:

1 — магистраль сжатого воздуха; 2 — воздухомер; 3 — воздушный шланг; 4 — цемент-пушка; 5 — смотровое окно; 6 — шланг рабочей магистрали диаметром 38 мм; 7 — став металлических труб диаметром 38 мм; 8 — фильтр-перемычка; 9 — заряд ВВ

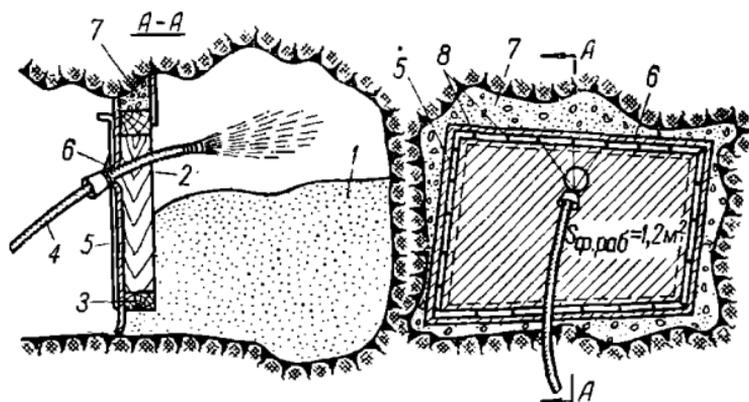


Рис. 72. Оборудование минной выработки при пневмозаряжении:

1 — заряд ВВ; 2 — полная крепежная рама; 3 — фильтровальная ткань; 4 — шланг рабочей магистрали; 5 — планки; 6 — проволочный натяг; 7 — бетон; 8 — гвозди.

шилась почти в 5 раз по сравнению с ручной зарядкой (4,205 чел-ч на 1 т ВВ против 19,2 чел-ч при ручной зарядке), а общие затраты на доставку снизились более чем на 44%.

В дальнейшем вместо громоздкого циклона для осаждения ВВ был применен малогабаритный отсаживающий диффузор. Во многих случаях целесообразно рекомендовать устройство в зарядной камере специального изолирующего фильтра-перемычки, за которой будет подаваться аммонитно-воздушная смесь.

В каждый камерный заряд необходимо помещать два боевика, один из них — на дублирующей сети. После введения боевиков приступают к коммутации взрывной сети и к забойке минных выработок. Следует отметить, что в последние годы на рудниках Кривого Рога в минных выработках породу для забойки не оставляют и при взрывании камерных зарядов забойки вообще не применяют; это позволяет намного повысить производительность работ по зарядке.

Отбойка штанговыми шпурами

Отбойка руды штанговыми шпурами (рис. 73) применяется при разработке системами подэтажного обрушения и подэтажных штреков (ортов), а также при подсечке блоков с принудительным обрушением или самообрушением. Впервые очистная выемка руды с применением глубоких (штанговых) шпуров была применена в 1931—1932 гг. на руднике «Ингулец» в Криворожском бассейне и затем этот метод нашел широкое распространение на рудниках Кривбасса

и других районов страны. Преимущество отбойки штанговыми шпурами по сравнению с мелкошпуровой отбойкой заключается в возможности увеличения высоты подэтажа, сменной производительности бурильщика и в снижении расхода ВВ.

Важным резервом повышения эффективности взрывных работ при отбойке руды штанговыми шпурами является механизация их зарядки и применение короткозамедленного взрывания.

Отбойка руды методом шпуровых зарядов

При применении шпурового метода в очистных забоях выемку рудной залежи ведут уступами или сплошным забсем. В тех забоях, где имеются две и более обнаженные поверхности, шпуры располагают с учетом формы и расположения забоя, направления и величины обнажений. При расчете заряда ВВ соответственно уменьшается на 20—50% удельный расход ВВ. Расход ВВ затем уточняется опытным путем.

При ведении очистных работ почвоуступными

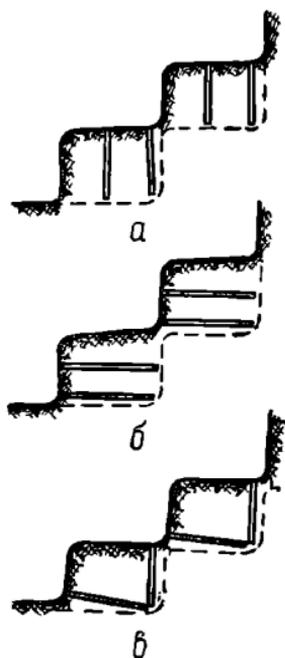


Рис. 74. Схемы расположения шпуров в почвоуступном очистном забое (по В. В. Недину):

а — вертикальное; б — горизонтальное; в — вертикальные основные и горизонтальные вспомогательные шпуры.

забоями (рис. 74) обычно применяют шпурь, направленные вертикально вниз, иногда горизонтальные, а при большой крепости руды и высоких уступах — вертикальные и горизонтальные (в качестве вспомогательных).

В потолкоуступных забоях (рис. 75) применяют или горизонтальные или восстающие шпу-

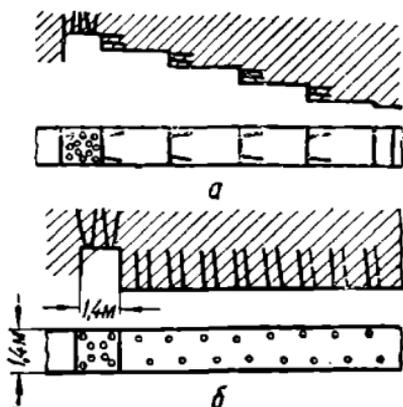


Рис. 75. Схемы расположения шпуров при разработке руды потолкоуступными забоями (по В. В. Недину):

a — горизонтальными шпурами, *б* — восстающими шпурами.

ры. Применение последних более эффективно, так как они бурятся высокопроизводительными телескопными перфораторами, однако взрывание их больше нарушает кровлю, чем взрывание горизонтальных шпуров. Заряжание и взрывание шпуров в очистных забоях производится в основном так же, как и при проходке горных выработок.

Практика ведения буровзрывных работ последних лет показывает, что эффективность их (особенно в крепких и очень крепких породах) в значительной мере зависит от места располо-

жения патрона-боевика в шпурах *. По мнению некоторых специалистов, образующаяся при взрыве зарядов врубовых шпуров воронка нарушает соседние шпуры, выбивая забойку, а иногда и патроны-боевики. Отсутствие забойки значительно снижает эффект взрыва, особенно в крепких и весьма крепких породах.

Заложение патрона-боевика первым от устья шпура предопределяет направление детонации в сторону, противоположную л. н. с., ударная волна движется в глубь горного массива, где и затухает, что вызывает ряд нежелательных последствий.

Если же патрон-боевик поместить первым от забоя шпура, то отрицательные явления будут наблюдаться в меньшей степени. В этом случае волна сжатия движется по л. н. с. и, достигнув обнаженной поверхности, переходит в волну разрежения, образуя систему трещин во всем объеме разрушаемой породы. Часть породы, прилегающая к забойке, подвергается действию интенсивной взрывной волны и лучше дробится. Предварительные опыты взрывания пород с крепостью 13—16 на одном из металлических рудников с различным расположением патрона-боевика показали, что благодаря расположению последнего непосредственно у забоя шпура удалось повысить к. и. ш. на 18—20%, уменьшить число шпуров в комплекте на 20% и соответственно снизить расход ВВ. Следует отметить, что практика ведения взрывных работ при отбойке руды глубокими скважинами подтверждает нецелесообразность расположения патрона-боевика первым от устья.

* «Горный журнал», 1961, № 8.

Способы отбойки угля в лавах и на нарезных работах

При отбойке угля в лаве с машинным врубом шпуры располагаются перпендикулярно плоскости забоя или под углом $60-70^\circ$ при глубине, равной или несколько меньшей глубины вруба. Расстояние между ними принимается в пределах 1—3 м. Расчет заряда производится по удельному расходу ВВ, вес заряда на один шпур обычно принимается равным 0,2—0,4 кг (при мощности пласта 0,7—1 м) и более, однако длина его не должна превышать л. н. с. и длину забойки, которая в свою очередь должна быть не менее 0,5 м.

При производстве взрывных работ в лаве по подрубленному пласту особое внимание следует обращать на то, чтобы подрубленный пласт не опускался, так как, во-первых, при его опускании в пласте под кровлей образуется трещина, куда газы взрыва могут легко проникнуть, и тем самым эффект взрыва снизится и, во-вторых, в пластах с большим газовыделением по указанным трещинам в шпур к патронам ВВ легко могут проникнуть газы, которые при взрыве могут легко воспламениться. Для предотвращения проседания подрубленного пласта в зарубную щель следует забивать деревянные клинья — подшашки, а при большом газовыделении в пластах мощностью 0,7—1,3 м следует в целях безопасности врубовую щель располагать под кровлей, а шпуры бурить по нижней части пласта.

В негазовых шахтах взрывание шпуров в лаве применяют огневое или электрическое, в газовых — только электрическое. За последние

годы широкое применение находит короткозамедленное взрывание. Схемы расположения шпуров, разработанные МакНИИ, и очередность

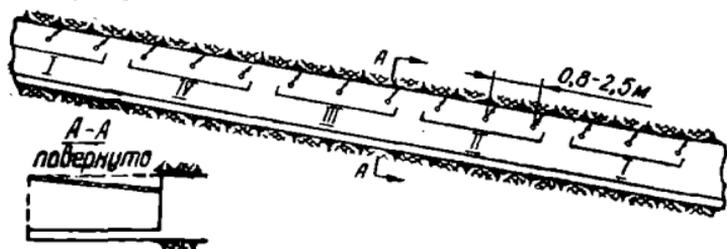


Рис. 76. Схема расположения шпуров при отбойке угля с нижним врубом:
I; II; III; IV — очередность взрывания.

взрывания в лавах приведены: на рис. 76 при отбойке угля с машинным врубом, на рис. 77 — без подрубки взрывания пласта для его рыхления при механической выемке.

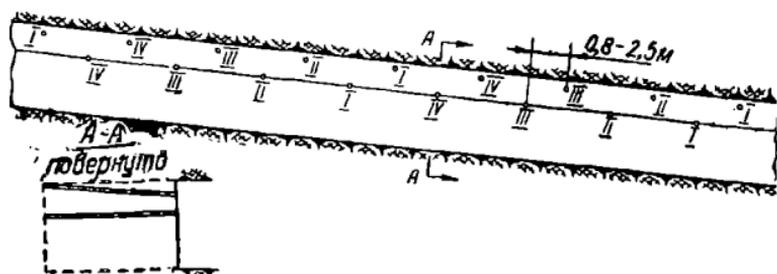


Рис. 77. Взрывание пласта без подрубки:
I; II; III; IV — очередность взрывания.

В лавах с устойчивой кровлей можно взрывать по 2—3 шпура с одним интервалом замедления: при плохой кровле пласта следует взрывать по одному шпуру на каждый интервал замедления. При этом расстояние между шпурами в одном ряду в зависимости от свойств и крепости угля колеблется в пределах 0,8—2,5 м.

На рис. 78 приведена схема расположения шпуров и очередности взрывания, предложенная МакНИИ для условий взрывания электродетонаторами короткозамедленного действия в угольных забоях шириной до 10—12 м по уголям различной крепости и на пластах мощностью от 0,5 м и выше (на пластах мощностью менее 0,7—0,8 м эта схема может иметь только однорядное расположение шпуров).

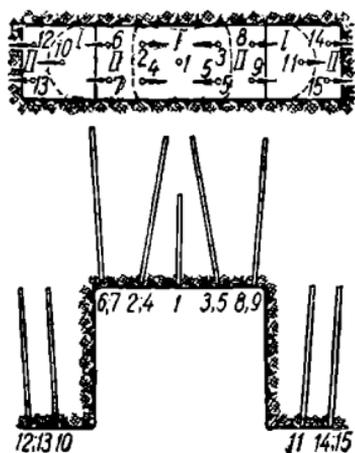


Рис. 78. Расположение шпуров и очередность взрывания при примененных электродетонаторах ЭДКЗ в угольных забоях шириной от 3—5 до 10—12 м.

Как в широких до 10—12 м, так и в забоях шириной 3—5 м схема имеет следующие преимущества:

- 1) более надежное предохранение крепления от действия взрыва зарядов, так как масса угля, выбрасываемая с опережающей части забоя, перекрывается с двух сторон движущимся углем;
- 2) меньший разброс угля;
- 3) возможность применения в забоях по уголю подготовительных выработок, проводимых широким ходом, с одновременным взрыванием всего комплекта зарядов.

Длина шпуров в уступах должна быть меньше длины шпуров, пробуренных в опережающей части, как правило, на 20—30 см.

Величину заряда в шпурах можно подбирать

из условий эффективности и безопасности, не опасаясь выбоя крепления силой удара угольной массы и большого разлета кусков угля, так как при правильно подобранном соотношении величин зарядов в уступах и в опережающей части забоя можно полностью исключить эти явления.

Отбойка угля шпурами и скважинами, заполненными водой

В отечественной и зарубежной угольной промышленности широко проводятся экспериментальные работы по применению взрывной отбойки угля с нагнетанием воды в угольный пласт. Сущность способа предварительного увлажнения угольного массива заключается в том, что при помощи специального высоконапорного насоса, гидрозатвора и вспомогательного оборудования вода под давлением нагнетается в пласт, заполняя трещины и поры в угле.

При этом снижается запыленность, что особенно важно при разработке пластов, опасных по пыли; повышается безопасность взрывных работ относительно метана и угольной пыли, так как вода вытесняет из пор и трещин в угольном массиве метан и смачивает пыль, которая теряет способность к воспламенению.

При таком способе ведения взрывных работ достигается высокая их эффективность. Вода, окружая заряд, повышает плотность заряжания, а при взрыве заряда хорошо передает энергию ВВ окружающей среде, увеличивая эффект взрыва не только вблизи заряда, но и на значительном расстоянии, благодаря наличию воды в тре-

щинах. За счет этого улучшается качество дробления угля и достигается снижение расхода ВВ и шпуров, значительно повышается производительность труда на взрывных работах.

Предварительное увлажнение массива возможно при разработке пластов крутого, пологого и наклонного падений. Бурят шпуры диаметром 45—75 мм перпендикулярно или под углом до 45° к линии забоя; глубина шпуров обычно 1,5—2 до 4 м, расстояние между шпурами по падению 4—6 м. Нагнетание воды производят поочередно в каждый шпур под давлением от 5—30 до 50—100—120 ат в продолжение 10—20 мин, после чего производится взрывание шпуров.

При расчете заряда ВВ удельный расход в этом случае следует уменьшить в 2,0—2,5 раза.

Еще более перспективным является способ отбойки угля глубокими скважинами, наполненными водой, который, обладая всеми отмеченными выше преимуществами, позволяет во много раз повысить производительность труда на буровзрывных работах.

Сущность этого способа заключается в бурении параллельно забою глубокой скважины (до 40—50 м), через которую протягивается детонирующий шнур и вводятся патроны ВВ с помещением капсуля-детонатора в последний патрон. Затем с одного конца скважины на длину 1,2—1,8 м вводится песчано-глинистая забойка и конусная деревянная пробка, а с другого конца — нагнетательная труба, через которую подается вода под давлением 7—10 ат за 15—20 мин до взрыва.

Испытаниями установлено, что уголь в результате взрыва таких скважин дробится равномерно; по сравнению с отбойкой короткими шпурами при гидроотбойке глубокими скважинами уменьшается общее количество взрывов, возможна механизация навалки угля при помощи скреперов и производство буровзрывных работ одновременно с ведением работ в очистном забое. Метод гидроотбойки угля глубокими скважинами может применяться при разработке пластов с различным падением. Крутопадающие пласты, помимо отбойки восстающими скважинами, можно разрабатывать системой с магазинированием угля в блоках шириной 15 м с разбивкой этажа на два подэтажа. Отбойку угля в этом случае можно производить горизонтальными скважинами, заряженными ВВ и заполненными водой.

В последние годы взрывание по углю с предварительным нагнетанием воды в пласт применяется более чем на 70 шахтах Англии.

ВЗРЫВАНИЕ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

Общие сведения

В зависимости от назначения взрывных работ, высоты уступа, масштабов добычи полезного ископаемого и других условий на открытых горных работах применяются следующие методы взрывных работ: наружных зарядов, шпуровых зарядов, малокамерных зарядов и камерных зарядов.

Метод наружных (накладных) зарядов применяется при дроблении негабаритных кусков породы и валунов, при опускании нависающих

частей уступа (навесов). В этом случае для разрушения породы используется бризантное действие нижнего слоя заряда, поэтому заряду придают лепешкообразную форму толщиной не менее 1,5—2 см, обеспечивающую наибольшую

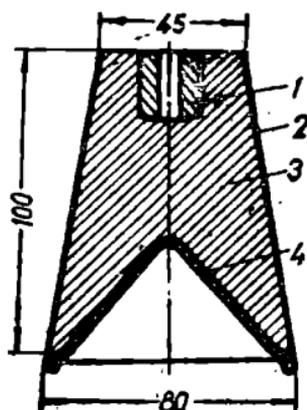


Рис. 79. Кумулятивный накладной заряд для дробления негабарита ИРН = 400:

1 — пентрит с отверстием для детонатора; 2 — картонная оболочка; 3 — литой или прессованный тротил; 4 — стальной вкладыш.

поверхность контакта заряда со взрываваемой породой. Поверх заряда целесообразно применять забойку, что повышает эффект взрыва. Расход ВВ в зависимости от размеров камней и крепости породы приведен в табл. 103.

Взрывание открытых зарядов может производиться огневым, электрическим способом, а также с помощью детонирующего шнура.

За последнее время в практике некоторых зарубежных стран находит применение способ дробления негабаритных камней специальными зарядами с использованием кумулятивного эффекта

(рис. 79). Вес таких патронов 200, 400 и 600 г. В качестве ВВ в Чехословакии применяют тротил, инициирование осуществляется пентритом, который помещается в капсуль-детонатор. Взрывание такими зарядами повышает эффективность дробления крепких пород и приводит к уменьшению разлета породы.

103. Основные расчетные параметры при методе шпуровых зарядов

Категория крепости породы	$H=1,00; L=1,1$				$H=1,5; L=1,65$				$H=2,0; L=2,2$			
	ω	a	V	Q	ω	a	V	Q	ω	a	V	Q
	IV—VI	0,95	1,3	1,24	0,44	1,4	1,96	4,1	1,25	1,6	2,25	7,2
VII—VIII	0,95	1,3	1,24	0,5	1,35	1,75	3,54	1,25	1,5	2,0	6,0	1,8
IX—X	0,95	1,3	1,24	0,56	1,3	1,6	3,12	1,25	1,4	1,8	5,2	1,8
XI	0,9	1,27	1,14	0,57	1,2	1,5	2,7	1,25	1,3	1,7	4,5	1,8
XII	0,9	1,21	1,09	0,57	1,15	1,45	2,5	1,25	1,25	1,6	4,0	1,8
XIII	0,8	1,2	0,96	0,57	1,1	1,4	2,31	1,25	1,2	1,5	3,6	1,8
XIV—XVI	0,8	1,1	0,88	0,57	1,05	1,35	2,1	1,25	1,15	1,45	3,3	1,8

Категория крепости породы	$H=3,0; L=3,3$				$H=4,0; L=4,3$				$H=5,0; L=5,4$				$H=6,0; L=6,5$			
	ω	a	V	Q												
	IV—VI	1,7	2,35	12,0	3,0	1,75	2,3	16,0	4,0	1,8	2,4	21,6	5,4	1,8	2,4	26,0
VII—VIII	1,6	2,10	10,0	3,0	1,6	2,0	13,0	4,0	1,7	2,2	18,0	5,4	1,7	2,2	22,0	6,7
IX—X	1,5	1,9	8,6	3,0	1,45	2,0	11,5	4,0	1,6	1,95	15,5	5,4	1,6	1,95	19,0	6,7
XI	1,35	1,85	7,5	3,0	1,4	1,8	10,0	4,0	1,45	1,8	13,5	5,4	1,45	1,9	16,5	6,7
XII	1,3	1,7	6,7	3,0	1,3	1,7	8,9	4,0	1,4	1,7	12,0	5,4	1,4	1,8	15,0	6,7
XIII	1,25	1,6	6,0	3,0	1,2	1,65	8,0	4,0	1,3	1,6	10,6	5,4	1,3	1,7	13,5	6,7
XIV—XVI	1,2	1,5	5,5	3,0	1,15	1,6	7,3	4,0	1,2	1,6	9,8	5,4	1,2	1,65	12,0	6,7

Примечание. H — высота уступа, м; L — глубина шпура, м; ω — л. н. с., м; a — расстояние между зарядами; V — объем породы, обрушаемый одним зарядом, м³; Q — вес заряда в шпуре, кг. В качестве ВВ принят аммонит № 9, диаметр шпуров 37—42 мм.

104. Расход аммонита № 9 на дробление негабаритных камней и валунов открытыми зарядами

Категория породы по шкале НР-55	Длина ребра негабарита			
	0,5—0,6 м		0,7 м	
	Количество кусков	Расход ВВ на 1 м ³ породы, кг	Количество кусков	Расход ВВ на 1 м ³ породы, кг
V—VIII	8—5	1,3—1,1	3	0,8
VIII—X	8—5	1,5—1,3	3	1,0
XI—XIII	8—5	1,8—1,6	3	1,2
XIV—XVI	8—5	2,2—1,8	3	1,5

Шпуровой метод отбойки на открытых разработках применяется:

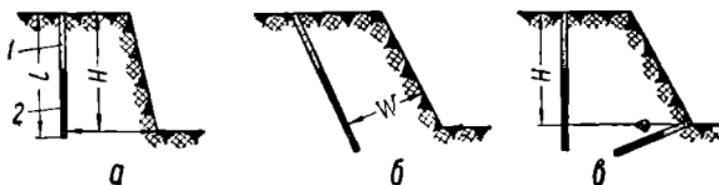


Рис. 80. Расположение шпуров при отбойке уступов на карьерах:

а — вертикальные шпур; *б* — наклонные шпур; *в* — отбойка вертикальными и подошвенными шпурами; *1* — забойка *2* — заряд ВВ.

- 1) при незначительной мощности месторождений полезного ископаемого;
- 2) при селективной выемке;
- 3) при образовании канав, котлованов;
- 4) при разделке негабаритов.

Шпур бурят вертикально вниз (рис. 80, *а*), параллельно уступу, наклонно (рис. 80, *б*).

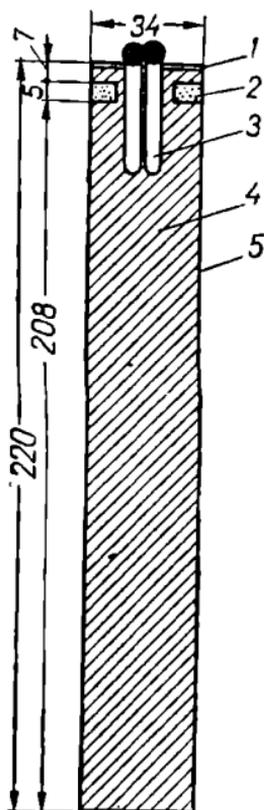
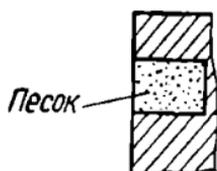


Рис. 81. Патрон термита для вторичного дробления:

1 — бумажный торец; 2 — SiO_2 (10 г); 3 — зажигательные свечи (2 шт.); 4 — термитная смесь; 5 — оболочка.

Иногда отбойку полезного ископаемого в уступе ведут комбинированными шпуровыми зарядами (рис. 80, в), вертикальными и подошвенными.

Величина заряда в шпуре обычно определяется по формуле

$$Q = q\omega^3 \text{ кг,}$$

где ω — расчетная линия сопротивления (р. л. с.), м;

q — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3 .

Основные расчетные параметры при методе шпуровых зарядов приводятся в табл. 103.

При многорядном расположении шпуров, взрывааемых одновременно или с миллисекундным замедлением, расстояние между рядами шпуров принимается равным $0,85\omega$, где ω — р. л. с. для первого ряда.

Взрывание негабаритов обычно производится шпурами диаметром 26—28 мм, расход аммонита № 9 при шпуровой разделке негабаритов приведен в табл. 104.

В последнее время для разрушения негабарита в пробуренный шпур помещают не заряд ВВ, а патрон термита (рис. 81). Термит представляет собой механическую смесь порошкообразного алюминия ($25 \pm 3\%$ общего веса смеси) и порошкообразного окисла железа ($75 \pm 3\%$). Алюмотермические реакции сопровождаются выделением большого количества тепла ($850 - 930$ ккал/кг); температура горения термита до 3000°C , воспламеняется термитная смесь при температуре около 1500°C , для чего применяются термитные спички, содержащие специальный воспламенительный состав.

Тепловая энергия термита, будучи приложена к негабаритному камню, в течение короткого промежутка времени вызывает появление в нем температурных напряжений, что приводит к быстрому образованию трещин и разрушению. Этот процесс безопасен, протекает быстро, не дает разбрасывания кусков и мелочи, не вызывает сотрясения и т. д.

Брикеты термита изготавливают диаметром на $3-5$ мм меньше диаметра шпура, что обеспечивает спокойный выход образующихся водяных паров по зазору между стенками шпура и патроном термита. Изготавливаются патроны термита на гидравлическом прессе при давлении $400 - 4000$ ат.

При плавлении термита из шпура обычно выбрасывается большое количество искр. В процессе опытов было установлено, что искрение устраняется, если на поверхность термита насыпать мелкодробленого кремнезема SiO_2 . Поэтому в патронах термита последних конструкций делается кольцеобразная выемка, заполня-

емая SiO_2 . Заряда термита весом 300—350 г достаточно для разрушения негабарита практически любого размера. Оптимальный диаметр шпуров для разрушения негабарита термитом составляет 36—38 мм (табл. 105).

105. Расход ВВ при шпуровой разделке негабаритов

Категория крепости породы по шкале НР-55	Длина ребра негабарита					
	0,5—0,6 м			0,7—0,8 м		
	Количество кусков, в 1 м ³	Глубина бурения, м	Расход ВВ на 1 м ³ породы, кг	Количество кусков, в 1 м ³	Глубина бурения, м	Расход ВВ на 1 м ³ породы, кг
V—VII	8—5	0,25	0,25—1,19	3—2	0,35	0,13—0,1
VIII—X	8—5	0,25	0,31—0,23	3—2	0,35	0,17—0,12
XI—XVI	8—5	0,25	0,38—0,29	3—2	0,35	0,2—0,14

При добыче штучного камня с заранее заданными размерами, когда не допускается наличие трещин, применяют дымный порох или порохоподобные ВВ. Расчет заряда производят по формуле

$$Q = kV,$$

где V — объем отрываемого блока, м³;

k — расход пороха, кг/м³, принимается для дымного пороха в пределах 0,05—0,3 (для порошкоподобных ВВ $k = 0,02—0,2$).

Метод котловых зарядов (рис. 82) применяется с целью уменьшения количества шпуров. Л. н. с. ω для котловых шпуров принимают от 0,5 до 0,8 высоты уступа, расстояние между зарядами составляет обычно 0,2—1,2 ω .

Взрывание камерными зарядами

Камерные заряды применяют при массовых обрушениях (взрывы на рыхление); при взрывах на выброс и на сброс.

Рыхление породы методом малокамерных зарядов (рис. 83) или камерных рукавов применя-

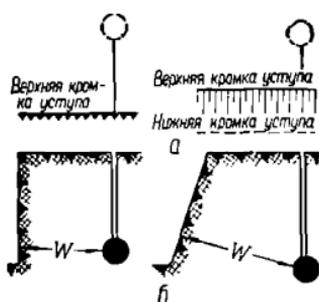


Рис. 82. Схема расположения котловых шпуров на уступе:

а — в плане; б — в разрезе.

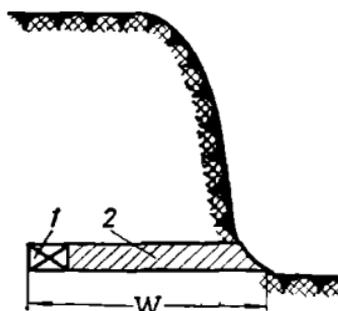


Рис. 83. Схема взрывания уступа методом малокамерных зарядов:

1 — заряд; 2 — забойка.

ют при высоте уступа до 7 м при условии, что в подошве уступа имеются прослойки слабой породы, облегчающие проходку рукава. Сечение рукава обычно принимают от $0,2 \times 0,2$ до $0,5 \times 0,5$ м, длина рукава должна составлять 0,5—0,8 высоты уступа, расстояние между рукавами равно 0,9—1,4 длины рукава. В породах, обладающих хорошей сжимаемостью (простреливаемостью), образование рукавов может быть осуществлено взрыванием шпура (скважины), пробуренного по центру рукава.

Рыхление камерными зарядами (рис. 84) применяется при высоте уступа 10—15 м в тех

случаях, когда метод скважинных зарядов не применим по условиям залегания или по физико-механическим свойствам горных пород. Заряд

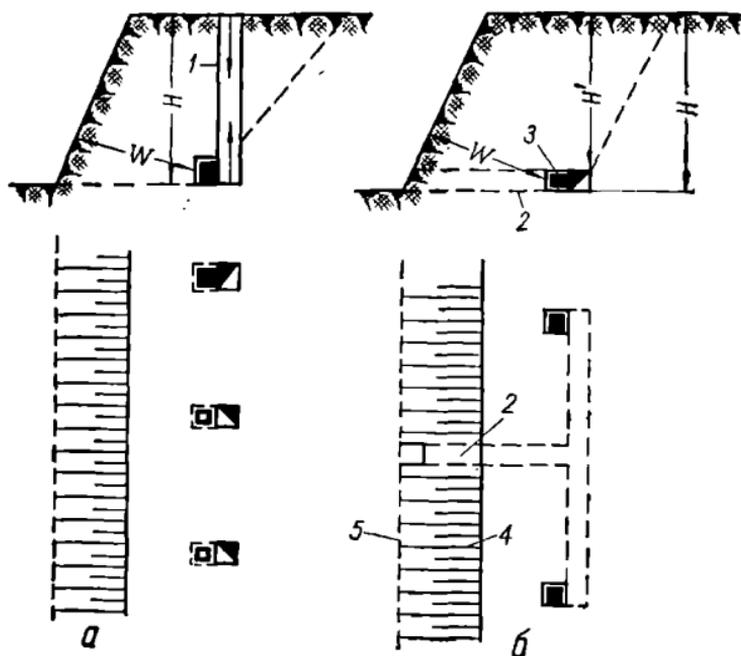


Рис. 84. Отбойка уступа камерными зарядами:

1 — минный шурф; 2 — штольня; 3 — заряд. 4, 5 — верхняя и нижняя бровки уступа.

укладывают в камеру через минные шурфы (рис. 84,а) или минные штольни (рис. 84,б). Отношение л. н. с. к высоте уступа принимают в пределах 0,5—0,9.

Коэффициент сближения камерных зарядов m при отбойке уступов, равный $\frac{a}{\omega}$, принимают

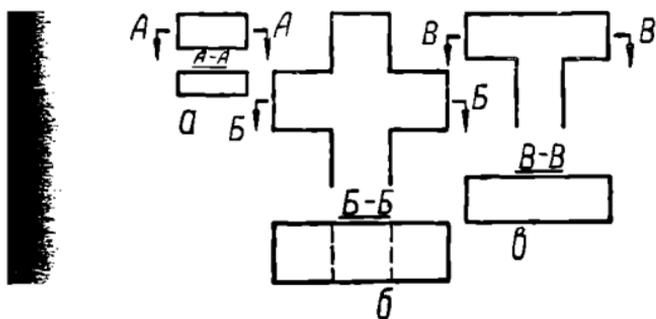


Рис. 85. Формы зарядных камер:

a — прямоугольного параллелепипеда; *б* — крестовая; *в* — Т-образная.

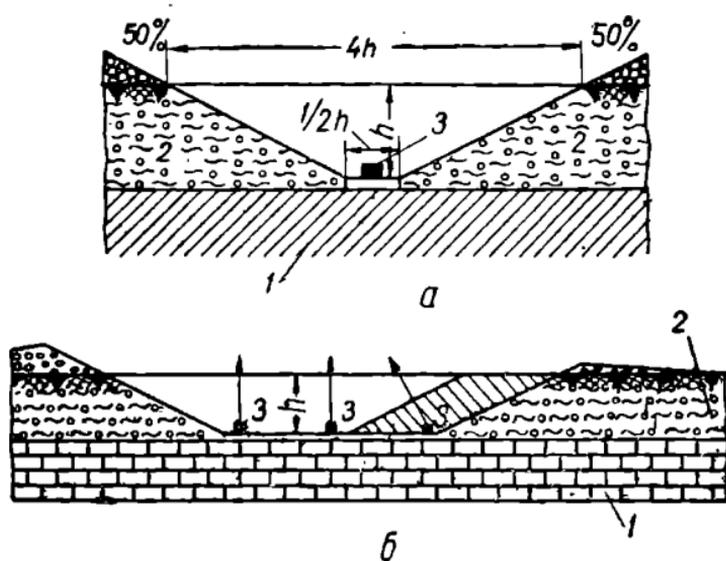


Рис. 86. Взрывание зарядов с двухсторонним (а) и с односторонним (б) направленным выбросом:

1 — полезное ископаемое; *2* — пустая порода; *3* — заряд ВВ.

в пределах 0,8—1,4. При двухрядном расположении зарядов расстояние между рядами не должно превышать 0,9 H , вес зарядов второго ряда увеличивают на 15—20%, вес крайних зарядов также увеличивается на 15—20%. Формы зарядных камер видны из рис. 85.

Основные параметры при рыхлении методом камерных зарядов с помощью аммонита № 9 приведены в табл. 106, 107, 108 и 109.

Взрывание на выброс применяется для образования траншей, котлованов, каналов и др. Взрывы на выброс бывают с двухсторонним (рис. 86, а) выбросом и с односторонним (рис. 86, б) направленным выбросом.

Взрывы на выброс (табл. 110) могут производиться сосредоточенными зарядами, котловыми шпуровыми и скважинными зарядами.

Ниже приведены значения коэффициента сближения зарядов $m = \frac{a}{w_{\text{ср}}}$ в зависимости от показателя действия взрыва n .

n	$m = \frac{a}{w_{\text{ср}}}$	n	$m = \frac{a}{w_{\text{ср}}}$
1,0	1,0	2,25	1,65
1,25	1,12	2,50	1,8
1,50	1,25	2,75	1,9
1,75	1,35	3,00	2,0
2,0	1,5	—	—

При двухрядном расположении зарядов значение n принимается одинаковым для зарядов обоих рядов, при трехрядном расположении значение n принимается для зарядов среднего ряда на 0,5 больше.

При направленном выбросе показатель действия взрыва зарядов второго ряда, направляющего большую часть взорванной породы на

106. Основные расчетные параметры при рыхлении грунта камерными зарядами, заложенными через шурфы

Высота уступа H , м	Глубина шурфа, м	Р. л. с. ω , м	Расчет между зарядами a , м	Объем породы, обрушенной одним зарядом, м ³	Категория крепости пород по НР-55							
					IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV-XV	
					Вес заряда, кг							
6	6,2	5,1	6,1	187	47	56	65	75	84	94	103	
7	7,2	5,95	7,1	298	72	89	104	119	134	149	164	
8	8,3	6,8	8,2	444	110	133	155	178	200	222	244	
9	9,3	7,65	9,2	630	158	189	220	252	283	315	347	
10	10,3	8,5	10,2	867	217	260	303	347	390	434	477	

Примечания: 1. Величина р. л. с. принята $0,8H$ (высота уступа).

2. Относительное расстояние между зарядами (коэффициент сближения зарядов) $m = \frac{a}{\omega} = 1,2$.

107. Расход ВВ при рыхлении массива камерными зарядами, заложенными через шурфы, в зависимости от высоты уступа и характера взрываемых пород (на 100 м³), кг

Высота уступа, H , м	Вид взрывных работ	Категория крепости пород по НР-55							
		IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV-XVI	
6—10	Основное взрывание Проходка подготовительных выработок	25	30	35	40	45	50	55	
6		8,0	9,5	12,0	17,5	21,1	22,7	27,0	

Продолжение табл.

Высота уступа <i>H</i> , м	Вид взрывных работ	Категория крепости пород по НР-55						
		IV—VI	VII—VIII	IX—X	XI	XII	XIII	XIV—XVI
7		5,9	7,0	9,1	12,8	15,4	16,7	20,2
8		4,6	5,4	7,1	9,9	12,0	13,0	15,8
9		3,6	4,3	5,6	7,9	9,6	10,3	12,6
10		2,9	3,5	4,6	6,4	7,8	8,4	10,2
6	Итого	33	39,5	47,4	57,5	66,1	72,7	82,5
7		30,9	37	44,1	52,8	60,4	66,7	75,2
8		29,6	35,4	42,1	49,9	57,0	63,0	70,8
9		28,6	34,3	40,6	47,9	54,6	60,3	67,6
10		27,9	33,5	39,6	46,4	52,8	58,4	65,2

одну сторону, принимается на 0,5 больше зарядов первого ряда.

Заряды при взрывании на сброс (рис. 87) могут быть расположены в один или два ряда в горизонтальной плоскости или в один, два, три ряда по высоте (табл. 111 и 112). Показатель действия взрыва колеблется от $n < 1,0$ (заряды рыхления) до $n = 2$.

Взрывание скважинными зарядами

Наиболее часто на открытых горных работах применяют метод скважинных зарядов, сущность которого заключается в бурении вертикальных (рис. 88,а) или наклонных (рис. 88,б) скважин, в которые помещают требуемое количество ВВ.

Расположение скважин может быть однорядное или многорядное, а взрывание их —

108. Основные параметры при рыхлении камерными зарядами, заложёнными через штольню

Высота уступа H , м	Р. л. с. ω , м	Расстояние между зарядами a , м	Длина штольни и штрека, м	Выход породы при взрыве зарядов одной штольни, м ³
10	8,5	10,2	39,1	3 000
15	12,75	15,3	58,65	10 000
20	17,0	20,4	78,2	24 000
25	21,25	25,5	97,75	47 000
30	25,5	30,6	117,3	82 000

Категория крепости пород по НР-55						
IV—VI	VII—VIII	IX—X	XI	XII	XIII	XIV—XVI
Вес заряда, кг						
750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 650
2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	5 500
6 000	7 200	8 400	9 600	10 800	12 000	13 200
11 700	14 100	16 450	18 800	21 150	23 500	25 850
20 500	24 600	28 700	32 800	36 900	41 000	45 100

Примечания: 1. Величина р. л. с. принята равной 0,85 высоты уступа. 2. Коэффициент сближения зарядов $m = 1,2$.

109. Расход ВВ при рыхлении камерными зарядами, заложёнными в штольню в зависимости от физико-механических свойств пород и параметров взрыва (на 100 м³), кг

Высота уступа Н, м	Назначение ВВ	Категория крепости пород по НР-55							
		IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV-XVI	
10-30	На основное взрывание	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	
10	На проходку подготовительных выработок	3,1	3,73	4,85	6,86	8,25	8,91	10,84	
15		1,4	1,55	2,15	3,07	3,69	3,98	4,89	
20		0,8	0,95	1,22	1,77	2,13	2,3	2,85	
25		0,5	0,6	0,78	1,15	1,38	1,49	1,87	
30		0,4	0,41	0,52	0,78	0,94	1,02	1,3	
10	Итого	28,1	33,73	39,85	46,86	53,25	58,91	65,84	
15		26,4	31,65	37,15	43,07	46,69	53,98	59,89	
20		25,8	30,95	36,22	41,77	47,13	52,3	57,85	
25		25,5	30,6	35,78	41,15	46,38	51,49	56,87	
30		25,4	30,41	35,52	—	—	—	—	

110. Расход аммонита № 9 при взрывах на выброс (на 100 м³), кг

H	w	Категория крепости пород по НР-55											
		I	II	III	IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1,25	3-25	188	210	220	230	290	320	390	420	460	520	550	590
1,5	3-25	170	190	200	210	270	300	360	390	420	480	510	540

Продолжение табл.

n	e	Категория крепости пород по НР-55											
		I	II	III	IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1,75	3—25	165	180	190	200	260	290	350	380	410	470	500	530
2,0	3—25	145	160	170	180	230	260	310	340	360	410	440	470
2,25	3—25	140	160	170	210	270	300	360	390	420	480	510	540
2,5	3—25	140	160	170	230	300	330	400	430	470	530	570	600
2,75	3—25	140	160	170	260	340	370	450	490	530	600	640	680
3,0	3—25	140	160	170	290	380	420	500	540	580	670	710	750

Примечание. Расход ВВ дается на чистый выброс без учета оставшейся в выемке разрыхленной породы. Расположение зарядов однорядное. При двухрядном расположении зарядов нормы расхода ВВ увеличиваются на 20%, при трехрядном — на 30%.

В случае применения других ВВ значение величины заряда следует умножить на поправочный коэффициент $e = \frac{280}{E_{ВВ}}$, где $E_{ВВ}$ — работоспособность применяемого ВВ по Трауцлю, см³.

111. Расход аммонита № 9 (на 100 м³) при взрывании на сброс, кг

n	Категория крепости пород по НР-55											
	I	II	III	IV-VI	VII-VIII	IX-X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1,0	85	95	100	104	136	150	180	196	210	240	256	270
1,25	93	103	108	115	150	163	196	212	230	260	280	295
1,5	77	87	91	98	123	137	164	180	190	220	233	246

Примечание. Расположение зарядов однорядное, расход ВВ дается на чистый сброс, без учета оставшейся на площадке разрыхленной породы.

112. Расход аммонита № 9 на проходку подготовительных выработок при взрывании на сброс (на 100 м²), кг

Категория крепости пород по НР-55	Глубина заложения зарядов, м															
	5		10		15		20		25		25					
	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5				
IV—VI	12,7	8,0	2,9	3,0	2,2	1,1	1,7	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5
VII—VIII	15,7	9,7	3,5	3,6	2,7	1,7	2,0	1,3	0,7	1,1	0,83	0,5	0,8	0,6	0,4	0,4
IX—X	20,1	12,7	4,6	4,7	3,5	1,8	2,7	1,7	1,0	1,4	1,1	0,7	1,0	0,9	0,5	0,5
	29,6	17,9	6,5	6,7	5,0	2,6	3,8	2,5	1,4	2,0	1,6	1,0	1,5	1,2	0,8	0,8
XII	36,3	21,5	7,9	8,1	6,1	3,3	4,6	3,1	1,8	2,5	2,0	1,3	1,9	1,6	1,1	1,1
XIII	39,9	23,4	8,6	8,8	6,6	3,6	5,1	3,4	2,0	2,8	2,2	1,4	2,1	1,8	1,1	1,1
XIV	48,3	28,4	10,5	10,8	8,0	4,4	6,3	4,2	2,5	3,5	2,9	1,9	2,7	2,3	1,6	1,6
XV	48,4	28,4	10,5	10,9	8,1	4,4	6,4	4,3	2,5	3,6	2,9	1,9	2,8	2,4	1,6	1,6
XVI	48,4	28,5	10,5	10,9	8,2	4,6	6,4	4,4	2,5	3,6	3,0	1,9	2,8	2,5	1,6	1,6

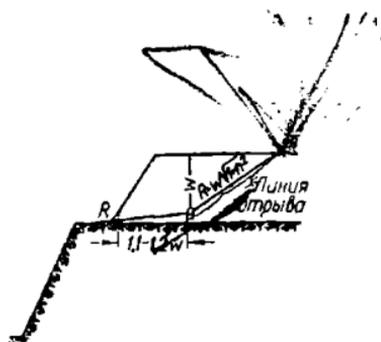


Рис. 87. Схема взрывания на сброс.

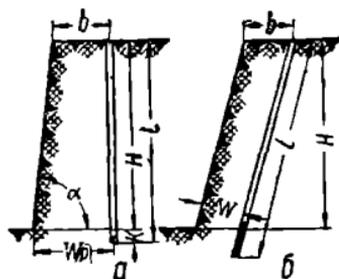


Рис. 88. Отбойка уступов вертикальными (а) и наклонными (б) скважинами.

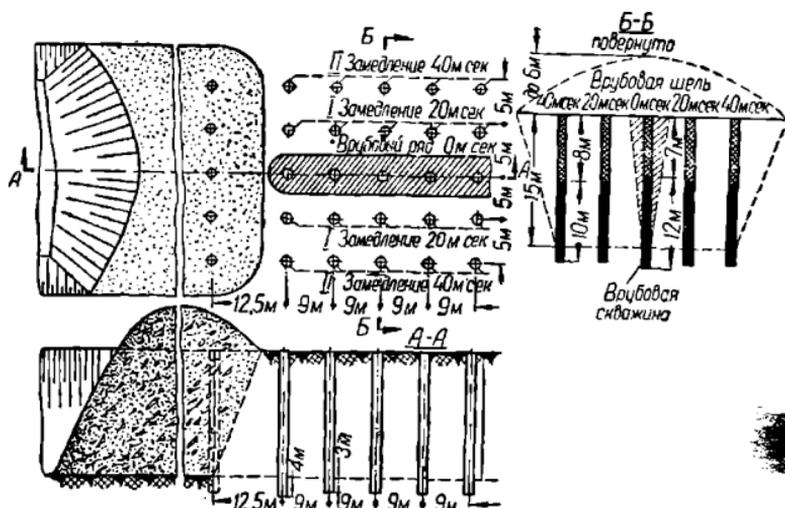


Рис. 89. Проходка траншей с применением многорядного короткозамедленного взрывания (с вертикальным врубом).

мгновенное или с замедлением взрыва одних скважин или рядов по отношению к другим.

Основные расчетные параметры, применяемые Союзвзрывпромом при диаметре скважин 200 мм и вместимости ВВ в 1 пог. м скважины 28,2 кг, приведены в табл. 113.

В настоящее время на карьерах большой производительности широко применяется на фронтальных забоях и при проходке траншей многорядное короткозамедленное взрывание.

Наиболее эффективной схемой при проходке траншей является многорядное взрывание с вертикальным врубом (рис. 89). Применяя эту схему, на карьере НКГОК осуществили скоростную проходку разрезной траншеи длиной 410 м (рис. 90), а также одновременное взрывание разрезной и въездной траншей за один прием короткозамедленным способом. Объем вывезенной породы в первом случае составил 228 000 м³ и во втором превышал 130 000 м³ (табл. 113 и 114). Таким образом, практически возможно осуществить одновременный взрыв участков траншей длиной до 450—500 м и более и увеличить скорость проходки въездных траншей до 500 пог. м в месяц и разрезных до 300—350 пог. м в месяц, в то время как при однорядном взрывании темпы проходки траншей не превышают 100—150 пог. м в месяц.

Характерной особенностью многорядного взрывания траншей с применением продольного вруба является образование по оси вруба породного гребня взорванной массы. Это позволяет осуществлять уборку породы в траншее двумя экскаваторами в два подступа (верхний с фронтальной и нижний с лобовой погрузкой) и

113. Основные расчетные параметры

Высота уступа H , м	Категория крепости по- роды по НР-55	Длина скважины l , м	Относительное расстояние между скважинами, $m = \frac{d}{\varphi}$	Удельный расход ВВ q , кг/м ³	Расстояние между сква- жинами в ряду, м	Сопрогнутые подошве уступа φ , м	Объем породы, отбиваемый взрывом одной скважины, м ³	Количество ВВ, размеща- емого в одной скважине, кг
7	IV—VI	7,6	1,2	0,25	7,6	6,3	335	84
	VII—VIII	7,7	1,2	0,3	7,2	6,0	302	91
	IX—X	7,85	1,0	0,35	6,0	6,0	252	88
	XI	7,85	1,0	0,4	5,6	5,6	220	88
	XII	8,0	1,0	0,45	5,6	5,6	220	99
	XIII	8,0	1,0	0,5	5,5	5,5	212	106
	10	IV—VI	10,7	1,2	0,25	8,5	7,1	604
VII—VIII		10,9	1,2	0,3	8,2	6,8	558	167
IX—X		11,0	1,0	0,35	6,8	6,8	462	162
XI		11,0	1,0	0,4	6,6	6,6	436	174
XII		11,25	1,0	0,45	6,4	6,4	410	185
XIII		11,25	1,0	0,5	6,0	6,0	300	150
15		IV—VI	15,85	1,2	0,25	9,7	8,1	1180
	VII—VIII	16,0	1,2	0,3	9,1	7,6	1040	312
	IX—X	16,25	1,0	0,35	7,5	7,5	840	294
	XI	16,25	1,0	0,4	7,3	7,3	800	320
	XII	16,5	1,0	0,45	7,1	7,1	760	342
	XIII	16,5	1,0	0,5	6,7	6,7	670	335
	18	IV—VI	26,25	1,2	0,25	10,4	8,7	2250
VII—VIII		26,5	1,2	0,3	10,2	8,5	2170	650
IX—X		26,75	1,0	0,35	8,1	8,1	1640	574
XI		26,75	1,0	0,4	7,8	7,8	1520	608
XII		27,0	1,0	0,45	7,5	7,5	1400	630
XIII		27,0	1,0	0,5	7,2	7,2	1300	650

таким образом повысить производительность погрузочных и транспортных работ. Если при мгновенном двухрядном взрывании и высоте уступа 10 м среднемесячная производительность экскаватора составляла 18,8 тыс. м³, то с переходом на многорядное короткозамедленное взрывание при высоте уступа 10 м она увеличилась до 25 тыс. м³ и при уступе 15 м — до 30 тыс. м³.

114. Результаты взрывов при проходке разрезной и въездной траншеи на карьере НКГОК

Показатель	Проходка разрезной траншеи	Одновременное взрывание разрезной и въездной траншеи
Протяженность блока, м . . .	410	235
Количество рядов	53	26; 40
» скважин	306	238
» скважин в ряду	6	5; 3
Общая протяженность скважин, м	5239	2188
Средняя глубина скважин, м	18,0	17,5; 8,3
Величина перебура, м	3,0	3—3,5; 2—2,5
Вместимость 1 м скважины, кг	62,0	65
Общий расход ВВ, кг	189 900	119 710
Удельный расход, кг/м ³	0,83	0,735
Число замедлений	11	6
Средняя величина забойки, м	8,0	7,0
Сопротивление по подошве уступа, м	9,0	8,5
Расстояние, м:		
между скважинами	6—7	8,5
между рядами скважин	8—9	8,5
Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	43,5	60; 28,6; в среднем 49,6
Выход негабарита, %	0,01	0,5

Многорядное взрывание с миллисекундным замедлением является весьма важным средством повышения эффективности отбойки горной массы и на фронтальных забоях.

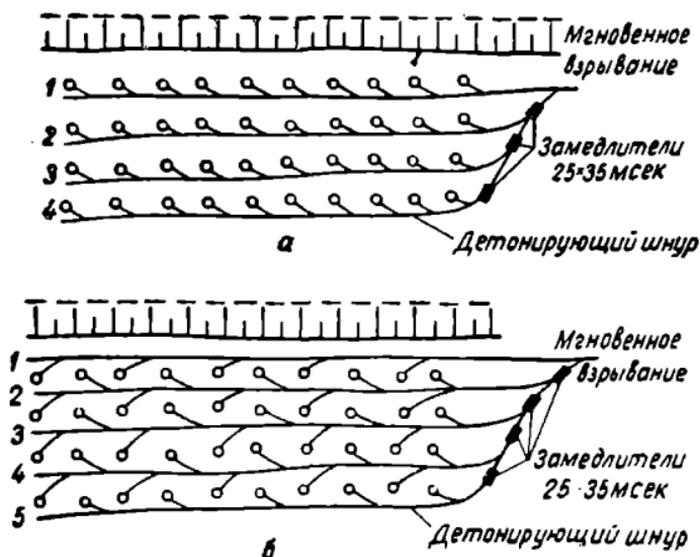


Рис. 91. Многорядное короткозамедленное взрывание на фронтальном забое:
 а — порядное; б — с замедлением через скважину (гребенкой);
 1; 2; 3; 4; 5 — ступени замедлений.

Некоторые схемы расположения скважин и коммутации взрывной сети при взрывании добычных уступов приведены на рис. 91.

Наиболее часто применяется система порядного (рис. 91,а) взрывания, реже — взрывание с поперечным (рис. 92,б) и продольным врубом (рис. 92,а), взрывание гребенкой (рис. 91,б).

Первый опыт был осуществлен в августе 1958 г. на карьере ЮГОК. Одновременно было взорвано 100,1 т взрывчатого вещества,

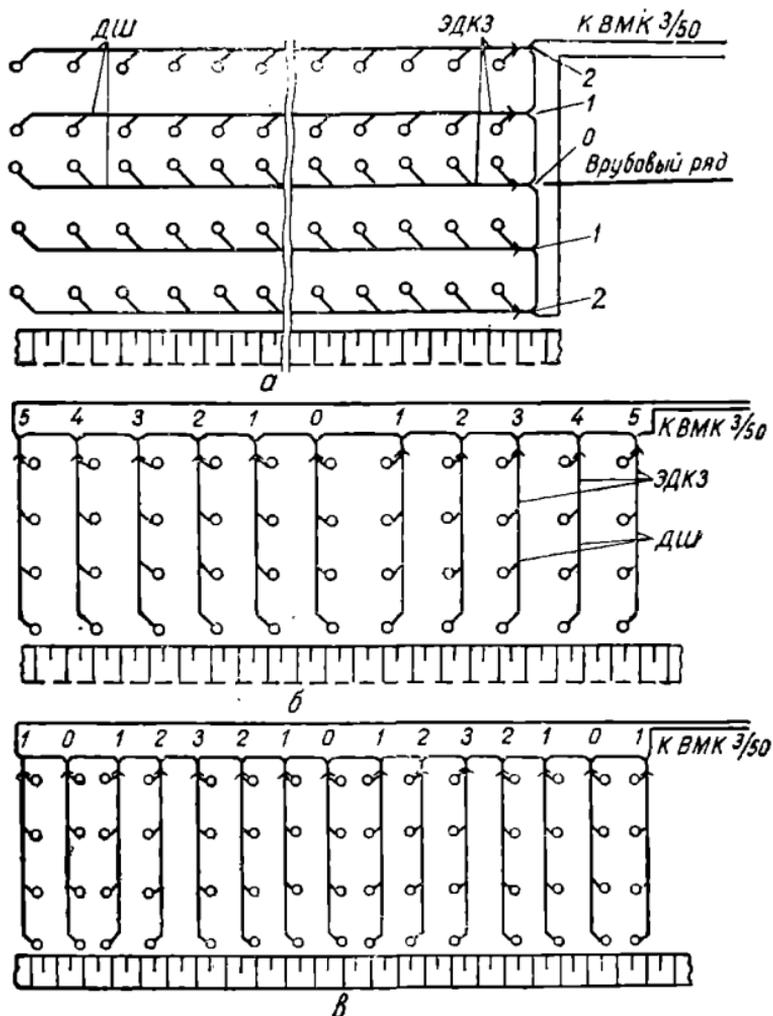


Рис. 92. Схемы многорядного короткозамедленного взрыва на фронтальном забое:

а — с продольным врубом (порядное замедление); *б* — с поперечным врубом; *в* — с несколькими поперечными врубами; 0; 1; 2; 3 — ступени замедлений.

размещенного в 216 скважинах при расположении их в 2—6 рядов. При этом были получены положительные результаты: выход негабарита резко снизился, завышения подошвы и перемычки отсутствовали, заколов не наблюдалось.

В дальнейшем многорядное взрывание находит все более широкое применение на железорудных, известняковых карьерах, а также при добыче нерудных ископаемых.

Данные о некоторых взрывах с миллисекундным замедлением, произведенных на ЮГОК в 1961 г., приведены в табл. 115 и 116, а в некоторых флюсовых карьерах — в табл. 117.

115. Результаты взрывов на проходке траншей с применением многорядного взрывания с миллисекундным замедлением на карьере ЮГОК

Место взрыва	Высота уступа, м	Коэффициент крепости пород	Тип ВВ	Число скважин	Число рядов	Взорвано горной массы, м ³	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Выход породы с лог. м скважины	Выход негабарита, %	Подогнание забоя, м
Гор. + +30 м	11	16—18	Аммонит № 6	30	5	11 160	0,8	32	Нет	37
Гор. + +50 м	15	10—12	То же	198	5	153 020	0,53	42	»	47
Гор. + +15 м	15	14—15	Литые тротильные заряды и гранулированный тротил	31	5	30 000	0,62	55	»	46
Гор. + +30 м	11	15—19	То же	19	5	32 500	0,4	85	1,5	40

116. Результаты взрывов, произведенных в 1961 г. на ЮГОК с миллисекундным замедлением

Показатель	Дата взрыва			
	17. II	6. III	10. III	12. IV
Место взрыва	Борт гор.+ 50 м	Борт гор.+ 50 м	Борт гор.+ 50 м	Борт гор.+ 50 м
Высота уступа, м	11	12	12	15
Количество рядов	3	7	7	4
» скважин	131	584	196	353
Диаметр скважин, мм	300	300	300	300
Глубина скважин, м:				
первого ряда	12,5	14	13,5	19
второго и последующих рядов	12,5	14,5	14	19
Л. с. п., м				
первого ряда	12	13	11	12
второго и последующих рядов	9	8	9	8
Расстояние между скважинами в ряду, м	8	7,5	8	7,5
Объем взорванной горной массы, м ²	99 800	535 400	162 600	332 250
Расход ВВ:				
общий, кг	45 435	278 351	89 180	234 350
удельный, кг/м ³	0,46	0,52	0,55	0,70
Выход горной массы с 1 м скважин, м ³	61	62	60	52
Выход негабарита, %	Менее 1 %	Менее 1 %	Менее 1 %	Менее 1 %

117. Технико-экономические показатели многорядного короткозамедленного взрывания на флюсовых карьерах в 1960 г.

Показатель	Карьер				
	Балаклавский	Еленовский	Каракубский	Ново-Трояцкий	Студеновский
Объемный вес горной массы, т/м ³	2,6	2,48	2,5	2,5	2,3
Крепость породы по шкале Протодьяконова	10—12	6—12	8—12	7—10	5
Объем одновременно взрывае­мой массы, тыс. м ³	6—35	25—115	50—250	30—125	13—30
Высота уступа, м	5,0—30,0	10,0—16,0	13—15—18	10,0—15,0	7—14—18
Сопро­тивле­ние по по­до­лье уступа, м	5,0—10,0	8,0—11,0	8,0—11,0	10,0—12,0	6,0
Расстояние, м:					
между скважинами в ряду	4,0—8,0	7,0—10,0	9,0—10,0	6,0—9,0	6,0
между рядами скважин	—	7,0—8,0	8,0—9,0	6,0—8,0	—
Пере­бур скважин, м	2,0	2,5	2,5	3,0	2,5
Вес зарядов, кг:					
в скважинах первого ряда	40—1200	280—560	400—440	280—400	200

Показатель	Карьер				Студеновский
	Балаклавский	Еленовский	Каракубский	Ново-Троицкий	
Вес зарядов, кг: в скважинах после- дующих рядов	—	240—440	440—480	330—480	—
Величина забойки, м .	3,0—8,0	7,5	6,5	7,5	8,0
Характер заряда	С	С—80% Р—20%	С—60% Р—40%	С—70% Р—30%	Р
Выход горной массы, м ³ /м, скважины	55,0	51,8	75,0	58,5	36,0
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,450	0,35—0,45	0,309	0,215	0,450
Выход негабарита, % .	3,0	11,0	3,5	8,0	20,0
Расход ВВ на вторич- ное дробление, кг/м ³ . .	0,010	0,100	0,050	0,063	0,014

Примечание. С — сплошной, Р — рассредоточенный заряды.

Результаты применения многорядного короткозамедленного взрывания показали следующие его преимущества перед обычным мгновенным взрыванием:

а) снижение выхода негабарита в условиях криворожских горнообогатительных комбинатов до 1,0% и менее, т. е. в 5—7 раз;

б) увеличение выхода горной массы с 1 пог. м скважины на 40—50% и более;

в) увеличение производительности экскаватора на 30—40%;

г) уменьшение простоев экскаваторов за счет улучшения дробления горной массы на 20—30%, повышение производительности дробильной фабрики на 7—10% и срока службы брони на дробилке первой стадии дробления на 20%;

д) уменьшение путевых работ на 15—20%.

Необходимо отметить особое значение одновременного взрывания на определенном участке очистных работ большого объема горной массы, что позволяет резко увеличить емкость фронта работ и значительно повысить темпы выемки полезного ископаемого.

Наличие в очистном забое большого объема взорванной и хорошо измельченной горной массы превращает забой в склад с многодневным запасом. Так, например, отбойка на ЮГОК одновременно 1,5 млн. *t* рудной массы обеспечила более чем полуторамесячный запас для непрерывной работы карьера.

Это самый крупный из известных в мировой практике массовых взрывов на добычных уступах железорудных карьеров и по своим показателям превосходит считавшийся до этого времени наиболее крупным взрыв на американском

таконитовом карьере «Петер Митчел», в результате которого было отбито около 1,16 млн. *m* горной массы.

Большие запасы взорванной горной массы, которые можно создать благодаря многорядному короткозамедленному способу взрывания, дают возможность повысить производительность экскаваторов, обеспечить на длительное время непрерывность процесса погрузки и транспортирования, уменьшить общее количество массовых взрывов, проведение которых неизбежно влечет за собой полную или частичную остановку работы на карьере в течение нескольких часов. При многорядном короткозамедленном взрывании значительно улучшается степень дробления горной массы, особенно при сочетании этого метода и мощных ВВ.

Многорядное короткозамедленное взрывание является эффективным средством повышения производительности труда основного оборудования и интенсивности выемки залежи на открытых разработках. Производительность основного оборудования в карьере (экскаваторов, карьерного транспорта и буровых станков) во многом зависит от метода взрывных работ.

При большом выходе негабарита забой экскаватора настолько загромождается кусками породы, что требуется разделка негабарита среди смены, а это вызывает простой не только одного экскаватора, но и всего карьера.

На ЮГОК в настоящее время разделка негабарита по карьере производится 2—3 раза в неделю.

В процессе применения многорядного короткозамедленного взрывания на ЮГОК и НКГОК

установлено, что при взрыве за счет резкого уменьшения разрыхления взорванной массы развал породы при нескольких рядах и одном ряде скважины почти одинаков. Следовательно, емкость рабочей панели экскаватора при таком взрывании увеличивается при трех рядах скважин и высоте уступа $H = 10$ м на 30%, а при $H = 15$ м на 50%*, что соответственно сокращает работы по переноске железнодорожных путей и простой экскаватора при этом.

Следует иметь в виду, что производство массового взрыва вызывает двухчасовой невосполнимый простой карьера. На карьере ЮГОК в настоящее время ежемесячный простой карьера уменьшился на 46 ч за счет сокращения числа взрывов с 30—32 до 5—7 в месяц.

При применении многорядного короткозамедленного взрывания резко улучшаются условия работы буровых станков — сокращаются переезды станков, простои при производстве взрывов и условия бурения. Как известно, при взрыве в тыловой части уступа массив породы в верхней его части нарушается, что крайне затрудняет бурение скважин первого ряда. Чем больше рядов скважин, тем меньше скважин приходится бурить в нарушенной породе.

Особо важное значение это обстоятельство имеет при термическом бурении, так как скорость прожигания такими станками в трещиноватом массиве резко сокращается.

Большое преимущество применения короткозамедленного взрывания заключается также в

* По данным канд. техн. наук Г. М. Китаца.

возможности независимого ведения буровых и погрузочных работ.

Практикой ведения взрывных работ на ЮГОК и НКГОК установлены оптимальные параметры, приведенные в табл. 118.

118. Рекомендуемые параметры при применении многорядного короткозамедленного взрывания

Порода	Высота уступа, м	Сопротивление по подошве, м		Расстояние между скважинами, м	Перебур скважин, м	
		первого ряда	второго и последующих рядов		первого ряда	второго и последующих рядов
Неокисленные руды	10—12	9,0	8,0	8,0	2,0	3,0
	15	11,0	10,0	8,5	3,0	3,5
Окисленная руда и пустые породы	10—12	10,0	9,0	9,0	2,0	3,0
	15	11,0	10,0	9,5	3,0	3,5

Оптимальными интервалами замедлений при взрывании пород типа криворожских для $f = 12 \div 16$ следует считать 30—35 мсек, для $f = 16—20—25$ мсек и при взрывании по породам с крепостью до 12 пауза замедлений должна составлять 40—60 мсек.

Важным условием повышения эффективности отбойки горной породы с помощью взрывных работ являются рациональное распределение энергии ВВ в намеченном к разрушению массиве и максимально возможное ее использование для дробления горных пород.

На основе исследований Института горного дела им. А. А. Скочинского можно считать установленным, что перераспределение энергии ВВ,

позволяющее повысить степень полезного ее использования (на механическую работу взрыва), можно осуществить при помощи конструкции заряда, предусматривающей рациональное использование различных воздушных полостей. По Н. В. Мельникову получение более интенсивного и равномерного дробления основано на интенсификации взрывных волн, обусловленной рассредоточением энергии ВВ по большому объему разрушаемой среды, а также интенсификацией возмущений, возникающих как вдоль скважинного заряда при наличии воздушных промежутков, так и при совместном действии зарядов, расположенных в соседних скважинах.

Полезная работа взрыва повышается при распределении удлиненного заряда на ряд частей с отделением их друг от друга воздушными промежутками (рис. 93) и при инициировании заряда по всей его длине детонирующим шнуром, а также при создании воздушного промежутка между зарядом и забойкой.

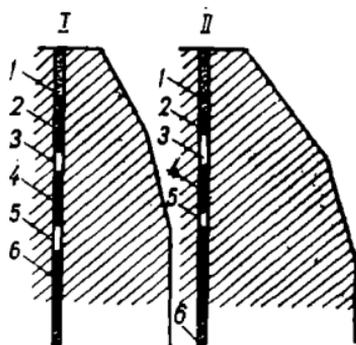


Рис. 93. Конструкция заряда с воздушными промежутками, предложенная Н. В. Мельниковым для условий Магнитогорского и Каракубского рудников:

В а р и а н т I:

1 — забойка 3 м; 2 — заряд 40 кг, 1 м; 3 — воздушный промежуток; 4 — заряд 80 кг, 2 м; 5 — воздушный промежуток 1 м; 6 — заряд 160 кг, 4 м.

В а р и а н т II: 1 — забойка 2,5 м; 2 — заряд 20 кг, 0,5 м; 3 — воздушный промежуток 1,5 м; 4 — заряд 60 кг, 1,5 м; 5 — воздушный промежуток 1 м; 6 — заряд 200 кг, 5 м.

На основе лабораторных и промышленных экспериментов Н. В. Мельников рекомендует следующие оптимальные значения высоты воздушных промежутков:

а) при заряде, рассредоточенном на 2 части — 1,4 высоты каждой части заряда;

б) при рассредоточении заряда на 3 части — 0,7 высоты каждой части заряда;

в) при заряде, рассредоточенном на 4 части, высота воздушных промежутков должна составить 0,3 высоты каждой части заряда.

Следует отметить, что применение воздушных промежутков дает лучшие результаты по сравнению с взрыванием сплошными удлиненными зарядами, а также рассредоточенными зарядами с заполнением пространства между отдельными частями заряда инертной забойкой. Производственные опыты по дроблению горных пород с применением воздушных промежутков были проведены на Алмалыкском медно-молибденовом карьере (Ташкентский совнархоз) в породах с крепостью $f = 8 \div 10$, на карьерах Каракубского и Докучаевского рудоуправлений (Донецкий совнархоз) в известняках с $f = 8 \div 11$, на Южном и Ново-Криворожском горнообогатительных комбинатах (Днепропетровский совнархоз) по породам с $f = 14 \div 18$ и др.

В первом случае применением воздушных промежутков достигнуто увеличение количества камней самой мелкой фракции (до 20 см) на 20%, выход негабаритных камней практически не имел места (уменьшился с 2,3 до 0,4%), а ширина развала уменьшилась на 4 м при одинаковом по сравнению с отбойкой сплошными зарядами удельном расходе ВВ и выходе горной массы на

119. Техничко-экономические показатели взрывов сплошных и рассредоточенных зарядов с применением воздушных промежутков на карьере Каракубского рудоуправления

Конструкция заряда	Выход известняка с 1 м скважины, м	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Степень дробления и процент выхода камней линейным размером, см		Выход негабаритных камней, %
			20—60	61—100	
Сплошной заряд . .	67,7	0,37	31,9	11,9	7,2
Рассредоточенный на две части воздушным промежутком (отношение высоты воздушного промежутка к высоте части заряда равно 1,4)	82,9	0,27	28,2	4,4	0,0
Сплошной заряд . .	58,4	0,38	29,1	18,0	9,4
Рассредоточенный на две части воздушный промежуток (отношение высоты промежутка к высоте части заряда равно 0,5).	65,9	0,26	42,1	11,2	4,8
Рассредоточенный на 3 части песчаной забойкой	54,5	0,40	38,2	25,9	11,3
Рассредоточенный на 3 части воздушным промежутком (отношение высоты воздушного промежутка к высоте части заряда равно 0,7)	63,5	0,38	45,0	5,7	1,1

* По данным Института горного дела им. А. А. Скочинского.

1 пог. м скважины. При испытании этого метода на Каракубском карьере расход ВВ уменьшился на 27% (табл. 149).

Анализ результатов опытных взрывов на Каракубском руднике показывает, что применение

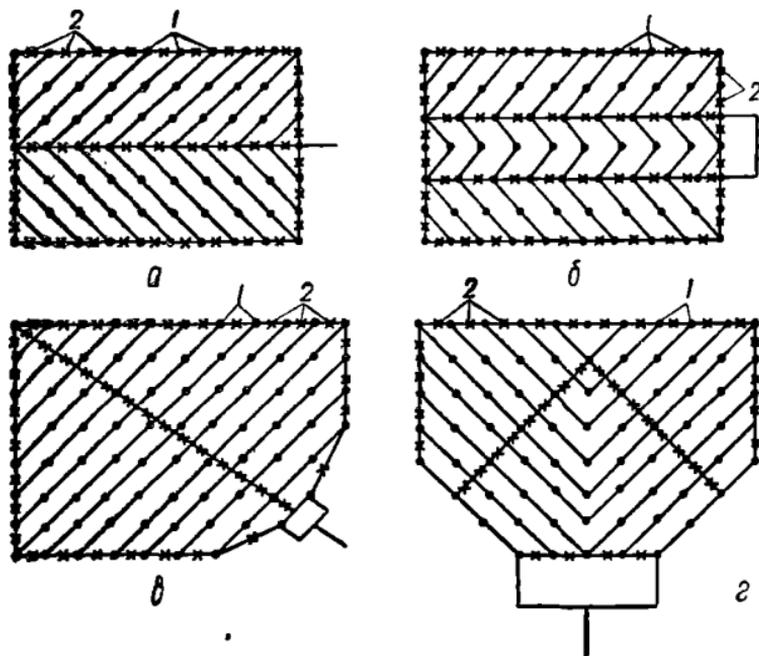


Рис. 94. Схемы многорядного короткозамедленного взрывания, применяемые за рубежом:

а — с прямым клиновым врубом; *б* — с двойным клиновым врубом; *в* — с диагональным врубом; *г* — с обратным клиновым врубом; 1 — скважины; 2 — пиротехнические замедлители детонирующего шнура.

воздушных промежутков дало возможность сократить расход ВВ на 27% и увеличить выход горной массы с 1 пог. м скважины до 22%. Подобные результаты получены также на ЮГОК и НКГОК.

Зарубежная горнодобывающая промышленность также характеризуется интенсивным внедрением многорядного короткозамедленного взрывания. Так, например, этот способ взрывания применяется более чем на 95% американских и канадских карьеров.

Некоторые наиболее распространенные схемы взрывания блоков с миллисекундным замедлением на зарубежных рудниках приведены на рис. 94.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ---

ИСПЫТАНИЯ, ХРАНЕНИЕ, УЧЕТ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УНИЧТОЖЕНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Испытания взрывчатых материалов производятся в лаборатории и на полигоне при базисном складе в следующие сроки:

а) динамиты — в конце гарантийного срока и каждый месяц после его истечения;

б) другие ВВ и СВ — в конце гарантийного срока и каждые полгода после его истечения (не считая проверки электродетонаторов на токопроводимость);

в) все ВМ вне зависимости от срока хранения, если возникнет сомнение в их доброкачественности.

Средства взрывания, необходимые для текущего расхода, должны перед применением испытываться в следующем порядке. Все без исключения капсули-детонаторы подвергают наружному осмотру для проверки целостности их оболочки, а также запыленности внутри гильзы. Электродетонаторы подвергают наружному осмотру для установления состояния их оболочки, а также проверяются на токопроводимость. Огне-

проводный шнур проверяется на исправность оплетки, отсутствие перерывов в сердцевине и испытывается на скорость и полноту горения. Детонирующий шнур подвергается наружному осмотру для проверки целостности оплетки и отсутствия перерывов в сердцевине. Средства группового зажигания огнепроводного шнура осматриваются с целью проверки исправности и выборочно испытываются на надежность их зажигательных свойств.

Испытания ВМ должны производиться в строгом соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» заведующим складом ВМ и лицом по назначению руководителя взрывных работ или главного инженера.

Если выявится несоответствие характеристик ВМ требованиям ГОСТ или ТУ, испытания производятся повторно комиссией с участием представителей горного надзора или милиции.

Методы испытаний взрывчатых веществ

Наружный осмотр тары устанавливает отсутствие повреждений тары, наличие четких трафаретов, наличие неповреждений обвязки и пломбировки, отсутствие следов подмочки. Дефектные ящики отсортировывают и просматривают их содержимое. Если внутренняя упаковка повреждена, то отбирают образцы для испытаний на взрывчатые свойства из каждого ящика; если внутренняя упаковка цела, образцы для испытаний отбирают обычным порядком.

Наружный осмотр патронов делается для проверки соответствия их требованиям ГОСТ или ТУ. На патронах не должно быть следов подмочки,

внутри торцов не должно быть парафиновых «пробок».

Испытания динамитов. Динамиты испытываются на химическую стойкость, на эксудацию и на передачу детонации.

Определение химической стойкости (проба Абея) производится для динамитов, содержащих не менее 30% нитроэфиров, нагреванием ВВ в специальной пробирке, помещенной в водяной бане. В той же бане помещается эталонная пробирка, при помощи которой сравнивают окраску реактивной йодокрахмальной бумажки в пробе.

Испытание производится в следующем порядке. Роговым ножом отрезают 3 г динамита и смешивают с 6 г талька, проверенного на химическую стойкость. Подготовленную смесь помещают в сухую пробирку с плотно закрывающейся пробкой. На имеющийся в пробирке крючок надевают листок йодокрахмальной бумажки, верхний край которой смачивают 50%-ным раствором химически чистого глицерина в воде. Крючок устанавливается таким образом, чтобы край бумажки был на высоте 75 мм от дна пробирки помещенной в водяную баню, с температурой, воды 75°C ($\pm 0,5^{\circ}$).

Химическая стойкость ВВ определяется числом минут от начала испытания до появления на границе сухой и смоченной частей реagentной бумажки бурой черты, равной по своей интенсивности бурой черте на бумажке-эталоне, помещенных в отдельной пробирке. ВВ считается стойким, если появление бурой черты происходит не менее чем за 10 мин. Если стойкость ВВ составляет менее 7 мин, оно подлежит использованию или уничтожению в течение 5 дней.

Испытание на эксудацию ВВ производится в процессе наружного осмотра и разворачивания обертки патронов. При обнаружении капель жидкости или больших пятен на внутренней стороне ВВ подлежат немедленному уничтожению.

Испытание на передачу детонации на расстояние. Два патрона ВВ по 200 г (если ВВ поступает не в патронированном виде, то готовят специально патроны весом 200 ± 10 г, диаметром 31—32 мм) укладывают на утрамбованном грунте по одной оси на расстоянии один от другого в соответствии с ГОСТ или ТУ. Перед испытанием слежавшиеся патроны должны быть размяты.

В один из патронов помещают гремучертутно-тетриловый капсуль-детонатор или электродетонатор и взрывают, второй при этом должен полностью взорваться, о чем судят по наличию углублений в грунте. Если на месте расположения патронов образовалось два углубления и длина каждого из них не менее длины патрона, то это подтверждает полную детонацию обоих патронов. ВВ считаются выдержавшими испытание, если из трех опытов не будет ни одного отказа в передаче детонации. В противном случае опыты повторяются с удвоенным числом взрываний, причем один отказ из шести служит основанием для запрещения ВВ к применению на взрывных работах.

Испытание ВВ на бризантность осуществляется по пробе Гесса, методика испытания описана ранее (см. «Свойства взрывчатых веществ»).

Испытание ВВ на работоспособность производится в бомбе Трауцля при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Для случая испытания при других

температурах полученные значения работоспособности необходимо корректировать поправкой по табл. 120.

120. Поправки для корректирования работоспособности ВВ

Температура, °С	Поправка, %	Температура, °С	Поправка, %
+5	+3,5	0	+5,0
+8	+2,5	-10	+10,0
+10	+2,0	-15	+12,0
+20	-2,0	-20	+14,0
+25	-4,0	-25	+16,0
+30	-6,0	-20	+18,0

Определение влажности аммиачно-селитренных ВВ. В две бюксы помещают навески ВВ по $50 \pm 0,01$ г и сушат в сушильном шкафу при температуре 65°C до постоянного веса. Аммониты, в состав которых входит динитронафталин или другие высокоплавкие нитропроизводные, сушатся при температуре 95°C . Взвешиванием определяют потерю веса, которая не должна превышать в аммонитах для подземных работ 0,15% и для открытых работ 1,5%.

Испытание на водостойчивость аммонитов повышенной водостойчивости. Патроны погружают в горизонтальном положении в воду так, чтобы слой воды над ними составлял 5 см, и выдерживают в течение 30 мин. При более повышенных требованиях к ВВ их погружают в воду в вертикальном положении с толщиной слоя воды над патроном 1 м и выдерживают в течение 1 ч. ВВ считается выдержавшим испытание на водо-

устойчивость, если после замочки расстояние передачи детонации не изменяется.

Определение плотности патронов с ВВ осуществляют взвешиванием пяти патронов, измерением размеров патронов, вычислением их объема и делением веса патрона на объем. Более точно плотность патронов можно определить волюметром, который представляет собой цилиндрический сосуд, наполненный сухим просеянным песком. Методика определения плотности этим прибором состоит в следующем: взвешивают прибор, залитый до краев песком, затем песок удаляют (оставляя только на дне слой толщиной 5 мм), помещают в прибор патрон ВВ (вес которого известен) и засыпают его песком, после чего повторно взвешивают. Путем вычислений узнают объем патрона ВВ; делением веса на этот объем узнают плотность патрона.

Испытание капсюлей-детонаторов. Наружному осмотру подвергается не менее 1% ящиков; в каждом из вскрытых ящиков осматривается не менее 5 коробок по 100 шт. При осмотре устанавливают наличие внешних дефектов (глубоких царапин, сквозных трещин, следов окисления и загрязнения на гильзе). В бумажных гильзах не должно быть отслаиваний бумаги у дульца, препятствующих введению огнепроводного шнура, а также сколов тетрила у дна капсюля. Капсюли с дефектом бракуют и уничтожают.

Из числа прошедших осмотр капсюлей-детонаторов 10% (но не менее 3 шт.) отбирают для испытания на полноту взрыва. Если при взрывании будет один отказ или неполный взрыв, испытания повторяют с удвоенным числом образцов. Один отказ или неполный взрыв при пов-

торных испытаниях или более одного такого случая при первичных испытаниях служат основанием для забракования всей партии.

Испытания электродетонаторов. Электродетонаторы подвергают наружному осмотру и испытывают на проводимость тока, на групповой подрыв, на прочность крепления электровоспламенителя в гильзе и на полноту детонации патронов ВВ.

Наружный осмотр преследует цель отбраковки электродетонаторов со сквозными трещинами, помятостями на гильзе, а также с расшатанными проводниками в месте входа их в гильзу и при наличии трещин на мастике. Испытание на проводимость тока производится малым омметром или другим аналогичным прибором (взрывной испытатель ВЮ-3). 5% взятых на проверку электродетонаторов проверяют на устойчивость сопротивления при помощи линейных взрывных мостиков. Проверка электродетонаторов, подбор их по сопротивлению может производиться только приборами, дающими ток в сеть не более 50 ма.

Для испытания на групповой подрыв электродетонаторы соединяют последовательно в группы по 20 шт. и для каждой партии взрывают три группы от тока 1 а. В случае одного отказа или неполного взрыва («паука») испытание повторяется. Партия бракуется при наличии более одного при первичном испытании или одного отказа при повторном испытании.

Испытание на полноту детонации патронов ВВ аналогично испытанию капсулей-детонаторов.

Испытание огнепроводного шнура. Из ящиков отбирают 2% кругов. От каждого конца ото-

бранного круга отмеряют по 2 см и уничтожают. Затем от каждого круга берут отрезок 60 см и проверяют на время горения, которое должно быть в пределах 60—69 сек. Оставшиеся от испытания куски кругов раскладывают на площадке и поджигают, отмечая ненормальности его горения.

Водостойкие сорта огнепроводного шнура испытывают на скорость и полноту горения после выдерживания их в воде на глубине 1 м в течение 1 ч с заделанными мастикой концами круга.

Испытание детонирующего шнура включает наружный осмотр, испытание на безотказное взрывание, на водостойкость и влияние повышенной температуры.

Наружный осмотр преследует цель выявления нарушения целостности оплетки, разломачивания концов, высыпания состава, переломов, отсутствия сердцевины, утончений и утолщений. Если число бракованных бухт превышает 10%, партия бракуется.

Испытание на безотказность взрывания осуществляют на отрезках длиной 1 м в количестве 5 шт. от каждой из трех бухт, отобранных для испытаний. Оставшиеся 45 м шнура от каждой бухты служат магистральной линией, к которой подсоединяются указанные 5 отрезков. Все три бухты соединяются в одну линию. Шнур, давший отказ на магистрали или хотя бы по одному отказу в двух или более соединениях, бракуют. Если шнур предназначен для работ во влажных условиях, его подвергают испытаниям после выдержки в воде на глубине 1 м в течение 1 ч (для мокрых забоев) или 4 ч (для работ в воде).

Испытания на влияние повышенной темпера-

туры заключаются в предварительном подогреве образцов в течение 4 ч при температуре до 60° С, после чего они подвергаются испытаниям на безотказность взрывания и на водоустойчивость. Шнур, предназначенный для взрывных работ при температуре ниже —15° С, должен быть испытан на безотказность после выдержки его в течение 2 ч при температуре его применения.

Уничтожение ВМ разрешается осуществлять: а) взрыванием; б) сжиганием; в) потоплением в воде и г) растворением в воде. Уничтожение ВВ взрыванием допускается при наличии уверенности в полноте их взрыва. Этим способом разрешается также уничтожать детонаторы и детонирующий шнур. Патроны-боевики для уничтожения ВВ должны быть из доброкачественных ВВ.

Сжиганием уничтожаются огнепроводный шнур и средства его зажигания, а также ВВ, утратившие способность детонировать. Запрещается сжигание ВВ в их таре. Динамиты можно сжигать на костре не более 5 кг.

Уничтожение потоплением разрешается только в открытом море в упаковке с обязательным привязыванием к ним груза.

Уничтожение растворением в воде разрешается для аммиачно-селитренных ВВ. После растворения ВВ воду сливают в специальную яму, а нерастворимый остаток сжигают.

Подготовка ВВ заключается в оттаивании динамитов и сушке аммонитов. Согласно правилам безопасности запрещается применение замерзших и полужамерзших динамитов. Их оттаивание производится естественным путем целыми ящиками в отапливаемых хранилищах при темпе-

ратуре воздуха 15—30° С для нормально замерзающих и от 0 до 30° С для труднозамерзающих сортов.

Аммониты, имеющие влажность более 0,5%, должны подвергаться сушке, а слежавшиеся аммиачно-селитренные ВВ должны быть измельчены и приведены в рыхлое состояние. В некоторых случаях возникает необходимость в патронировании ВВ и в нанесении на поверхность патрона гидроизолирующего слоя. Здание для сушки состоит из двух отделений, в первом находится отопительное устройство (с температурой греющих поверхностей не более 70° С), во втором производят сушку ВВ при температуре не более 50° С. Продолжительность сушки аммонита, рассыпанного на столах, составляет 4—6 ч, а в патронах—в зависимости от степени влажности.

Измельчение слежавшихся аммиачно-селитренных ВВ производится на деревянном настиле при помощи деревянных катков, кувалд или трамбовок, а при механическом способе — в специальных барабанах с деревянными шарами.

Хранение ВВ разрешается в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» на специально оборудованных складах (табл. 121).

План подземного склада камерного типа показан на рис. 95, а ячейкового типа — на рис. 96. Последним при постройке подземных складов отдают предпочтение, так как принцип их устройства обеспечивает сохранность ВВ в соседних ячейках в случае взрыва в одной из них; восстановление такого склада после случайного взрыва ВВ в одной из ячеек можно осуществить в короткий срок. Прием, отпуск и учет ВМ про-

121. Классификация складов ВМ по характеру обслуживания, условиям расположения и сроку службы (по Л. Н. Марченко)

Тип склада	Характерные особенности
------------	-------------------------

По характеру обслуживания

Базисный	Предназначается для снабжения расходных складов. Раздача ВМ взрывникам запрещена. Хранилища базисных складов могут быть поверхностные, полууглубленные и углубленные
Расходный	Служит для расфасовки ВМ и для раздачи их на руки взрывникам. Хранилища расходных складов могут быть поверхностные, полууглубленные, углубленные и подземные

По условиям расположения

Поверхностный	Основания хранилищ расположены на уровне земной поверхности
Полууглубленный	Здания хранилищ углублены в землю не более, чем карниз здания
Углубленный	Толща грунта над хранилищами менее 15 м
Подземный	Толща грунта над хранилищами более 15 м

По сроку службы

Постоянный	Срок службы более 2 лет
Временный	Срок службы от 6 мес. до 2 лет
Кратковременный	Срок службы менее 6 мес.

изводится в строгом соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

При строительстве складов и определении условий хранения ВМ учитывается необходимость

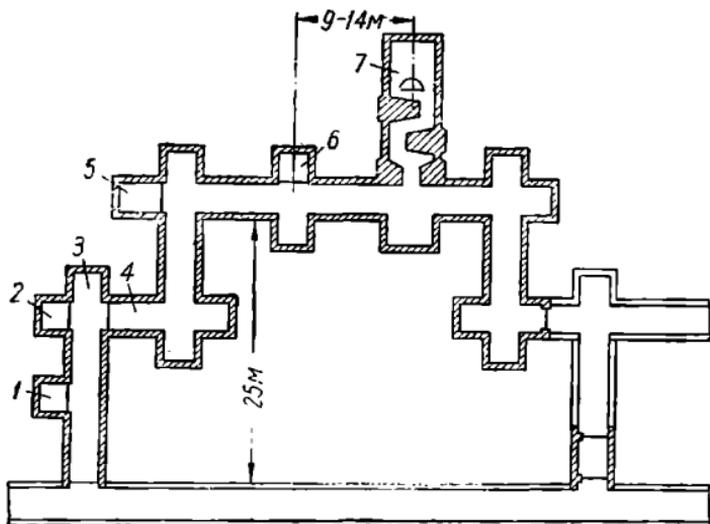


Рис. 95. Подземный склад ВМ камерного типа:

1 — камера для отопительных устройств; 2, 3 — место хранения сумок и других принадлежностей; 4 — место выдачи ВМ; 5 — камера для проверки электродетонаторов; 6 — камера для СВ; 7 — камера для ВВ.

достижения внутренней и внешней безопасности. Внутренняя безопасность достигается рассредоточением хранимых ВМ в разных помещениях, разделным хранением различных групп ВМ, установлением определенного режима работы склада и т. д.

Внешняя безопасность обеспечивается принятием мер предосторожности по защите сооружений, расположенных в районе склада и на некотором расстоянии от него.

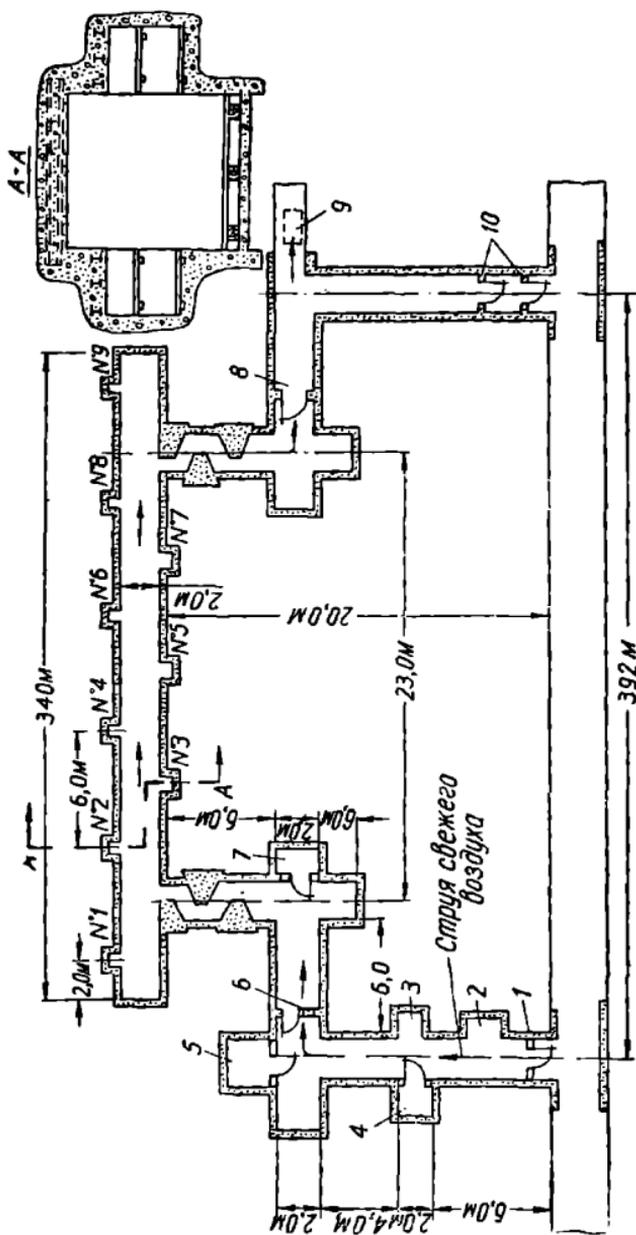


Рис. 96. Подземный склад ВМ ячейкового типа.

1 — решетчатая деревянная дверь; 2 — камера для электрооборудования; 3 — камера для про-
 тивопожарных принадлежностей; 4 — камера для хранения сумок и других принадлежностей; 5 —
 камера для проверки электродетонаторов; 6 — место выдачи ВМ; 7 — камера для хранения огнепро-
 водного шкура; 8 — стальная вентиляционная дверь с окном; 9 — генерк или ходок на вентиля-
 ционную стойку; 10 — ячейки для ВМ; № 1 — № 8 — стальные двери; № 1 — № 8 — ячейки для электро-
 детонаторов.

По степени опасности при хранении ВМ делятся на следующие 5 групп:

I группа — динамиты с содержанием нитроэфиров более 15%, нефлегматизированный гексоген, тетрил;

II группа — аммониты, тротил и его сплавы с другими нитросоединениями, нитроглицериновые ВВ с содержанием нитроэфиров не свыше 15%, флегматизированный гексоген, детонирующий шнур;

III группа — пороха дымные и бездымные;

IV группа — детонаторы, капсули-детонаторы и электродетонаторы;

V группа — перфораторные снаряды в боевом снаряжении с установленными взрывателями.

Различные виды ВМ на базисных складах хранятся отдельно. Допускается совместное хранение огнепроводного шнура, средств его зажигания и электровоспламенителей с ВМ II, III и IV групп, а также детонирующего шнура с детонаторами.

Совместное хранение различных ВМ в одном хранилище постоянного расходного склада допускается в исключительных случаях при условии разделения помещения с различными ВМ негоряемой стеной толщиной 25 см, при наличии отдельных входов с тамбурами и общим количеством ВВ всех групп не более 3 т, а детонаторов не более 10 000 шт.

Постоянные поверхностные склады. На территории склада разрешается располагать: а) хранилища ВВ и СВ; б) будку для вскрытия ящиков с динамитами и детонаторами и для резки детонирующего и огнепроводного шнуров; в) зда-

ния для подготовки аммиачно-селитренных ВВ и оттаивания динамитов (только при расходных складах); г) караульные вышки; д) сторожевые будки для собак (если склад охраняется собаками); е) сарай для противопожарных средств; ж) водоемы.

Место для поверхностных складов выбирается с учетом обеспечения безопасных расстояний, отвода поверхностных вод и удобства сообщения между отдельными хранилищами склада. Наиболее целесообразно их размещать в лиственном или смешанном лесу с использованием естественных преград (горы, холмы), отделяющих склад от расположенных вблизи зданий и сооружений.

Хранилища поверхностных складов требуется устраивать из бетона, железобетона, кирпича или камня, а в районах с сухим климатом допускается устройство глинобитных зданий или зданий из сырцового и саманного кирпича.

В отдельных случаях с разрешения органов пожарной охраны допускается хранение ВВ в помещениях с бревенчатыми или каркасно-засыпными стенами. Полы в хранилищах устраивают деревянные, асфальтовые или глинобитные, ровные, без складок и щелей. Крыши хранилищ должны быть сделаны из негорючих материалов или покрыты огнезащитным составом изнутри и снаружи. Стены изнутри должны быть побелены. Хранилища оборудуют специальными стеллажами, верхние полки которых для динамита и детонаторов должны располагаться не выше 1,7 м от пола, а для остальных ВВ — не выше 2 м.

Хранилища должны быть устроены так, что-

бы температура воздуха в них составляла 15—25° С, для чего в местностях с минимальной температурой + 10° С (при хранении обычных динамитов) или — 20° С (при хранении труднозамерзающих динамитов) хранилища оборудуются водяным или электрическим отоплением. Емкость отдельных хранилищ базисного склада не должна превышать (в *т*):

а) для аммиачно-селитренных ВВ, тротила и сплавов его с другими нитросоединениями, нитроглицериновых ВВ с содержанием нитроэфиров не более 15% (флегматизированного гексогена) — 240;

б) для динамитов с содержанием нитроэфиров свыше 15% (нефлегматизированного гексогена и тетрила) — 40;

в) для порохов дымных и бездымных — 120;

г) для детонаторов и детонирующего шнура (вес с тарой) — 120;

д) для огнепроводного шнура — без ограничения.

Емкость отдельных хранилищ поверхностных постоянных расходных складов не должна превышать 25 *т* ВВ, а общая предельно допустимая емкость всех хранилищ такого склада составляет 75 *т* ВВ, 250 000 детонаторов, 15 000 м детонирующего шнура; количество одновременно хранимого огнепроводного шнура и средств его зажигания не ограничивается. В подземных складах (табл. 122) разрешается хранение ВВ в размере трехсуточной потребности и СВ — десятидневной.

На крупных шахтах с большим суточным расходом ВВ устраивают камерные подземные склады емкостью 6000 кг ВВ и 43 500 шт. электродетона-

торов. При устройстве складов ВВ производятся расчеты безопасного расстояния:

122. Типовые подземные склады для угольных шахт (по данным Цейтрогипрошахта)

Годовая производительность шахты, тыс. <i>m</i>	Емкость складов	
	аммонита, кг	электродетонаторов, шт.
300	780	6 000
450	1170	9 000
600	1560	12 000
900	2340	12 000
1200	3510	24 000
1500	4490	24 000

- а) по сейсмическому действию взрыва;
- б) по действию воздушной волны;
- в) по опасности передачи детонации на случай взрыва ВМ в хранилище;
- г) по разлету кусков или осколков разрушенного при взрыве сооружения, породного массива и др.

Из подсчитанных значений принимается наибольшее. Методика подсчета безопасных расстояний при устройстве складов пригодна также для случаев ведения взрывных работ на земной поверхности.

Сейсмически безопасное расстояние для сооружений подсчитывается по формуле

$$r_c = K_c \alpha \sqrt[3]{q} \text{ м,}$$

где K_c — коэффициент, зависящий от свойства грунта в основании охраняемых сооружений (табл. 123);

123. Значения коэффициента K_c для расчета сейсмически безопасных расстояний

Грунт в основании охраняемого сооружения	K_c	Примечание
Скальные породы плотные	3,0	При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения коэффициента следует увеличивать в 1,5—2 раза
Скальные породы нарушенные	5,0	
Галечниковые и щебнистые грунты	7,0	
Песчаные грунты	8,0	
Глинистые грунты	9,0	
Насыпные и почвенные грунты	15,0	
Водонасыщенные грунты (пльвуны и торфяники)	20,0	

α — коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва n (табл. 124);
 q — вес сосредоточенного заряда ВВ, кг.

124. Значения коэффициента α для расчета сейсмически безопасных расстояний

Условия взрыва	α	Примечание
Взрыв при комуфлете и при $n \leq 0,5$	1,2	При взрыве на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается
Показатель действия взрыва $n = 1,0$	1,0	
Показатель действия взрыва $n = 2$	0,8	
Показатель действия взрыва $n = 3$ и более	0,7	

Если взрывается рассредоточенный заряд, то в формуле под весом ВВ следует подразумевать

полный вес одновременно взрываемого ВВ только в тех случаях, когда расстояния от отдельных зарядов до объекта, для которого рассчитывается безопасное расстояние, различаются по величине более чем на 10%. В противном случае для подсчета безопасного расстояния пользуются формулой

$$r_c = K_c \alpha \sqrt[3]{q_{\Sigma}}$$

где

$$q_{\Sigma} = q \left(\frac{r_{\Sigma}}{r_1} \right)^3 + q_2 \left(\frac{r_{\Sigma}}{r_2} \right)^3 + \dots + q_n \left(\frac{r_{\Sigma}}{r_n} \right)^3.$$

В свою очередь r_{Σ} определяется из выражения

$$r_{\Sigma} = \frac{\sqrt[3]{q_1 r_1} + \sqrt[3]{q_2 r_2} + \dots + \sqrt[3]{q_n r_n}}{\sqrt[3]{q_1} + \sqrt[3]{q_2} + \dots + \sqrt[3]{q_n}},$$

где q_1, q_2, \dots, q_n — веса отдельных зарядов (вес ВВ в отдельных хранилищах), кг;

r_1, r_2, \dots, r_n — расстояния от зарядов до охраняемого объекта, м.

При наличии нескольких объектов вблизи склада ВВ или места производства взрывных работ определение q_{Σ}, r_{Σ} и радиус сейсмической безопасности должно производиться для каждого из них в отдельности.

Если величины зарядов отличаются по весу более чем на 15%, безопасное расстояние проверяется по наибольшему отдельному заряду и принимается наибольшее из полученных значений. При раздельном взрывании группы зарядов в случае замедления между взрывами 2 сек и более r_c рассчитывается для отдельных зарядов

и за безопасное расстояние принимается наибольшее из полученных значений; при меньшем периоде замедления радиус сейсмически опасной зоны устанавливается особо.

Указанные приемы определения размеров безопасных расстояний по сейсмическому эффекту не применимы для уникальных зданий и сооружений (башни, высотные здания, дворцы и др.), а также для особо сложных технических конструкций, как, например, висячие мосты, радиомачты, гидротехнические сооружения, мощные ветросиловые установки и т. д.

Сейсмически безопасная зона для таких сооружений, а также в случае многократного повторения взрывания (работы на карьерах, стройплощадках) определяется особо (табл. 125).

Проф. Г. И. Покровский предлагает следующую формулу для расчета радиуса зоны сейсмической опасности:

$$R_c = 3,9 \sqrt{\frac{\beta}{aT}} \cdot \frac{E^{1/12}}{\gamma^{1/14}} \times \\ \times \sqrt[3]{\frac{c\gamma_0}{c_0\gamma} - \left(1 - \frac{c\gamma_0}{c_0\gamma}\right) \frac{1}{\sqrt{1+n^2}}} \sqrt[3]{q} \text{ м,}$$

где β — коэффициент, равный для гранита 1,5 и для известняка 3;

a — допустимое ускорение при прохождении сейсмозрывной волны;

T — собственный период колебаний объектов и сооружений, оберегаемых от сейсмического действия взрыва;

E — модуль упругости породы, кг/м²;

γ — объемный вес породы, кг/м³;

c — скорость звука в породе;

125. Величины радиуса сейсмически опасных зон для зарядов различного веса, кг

Порода в районе расположения охраняемых сооружений K_c	Вес заряда, кг												
	1000	2000	5000	10^4	$25 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$75 \cdot 10^3$	10^5	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$75 \cdot 10^4$	10^6	
Скальные породы плотные	3	30	40	50	65	90	110	130	140	175	240	270	300
Скальные породы нарушенные	5	50	60	85	110	150	185	210	230	290	400	450	500
Галечниковые и щебенистые грунты	7	70	95	120	150	200	260	300	330	370	550	640	700
Песчаные грунты	8	80	110	140	170	230	300	340	370	420	630	730	800
Глинистые грунты	9	90	120	150	195	260	330	380	420	475	700	820	900
Насыпные и почвенные грунты	15	150	190	260	320	440	550	630	700	880	1200	1400	1500
Водонасыщенные грунты (плывуны, торфяники)	20	200	250	340	430	590	740	870	930	1100	1500	1800	2000

Примечание. Таблица построена с учетом безопасных расстояний для зарядов нормального выброса. При расчете зарядов с другим показателем действия взрыва следует данные табл. 125 умножить на коэффициент α . При размещении зарядов в воде или в доносном грунте следует вводить поправку в соответствии с табл. 123.

c_0 — скорость звука в воздухе;
 γ_0 — объемный вес воздуха;
 n — показатель выброса при взрыве;
 q — вес заряда, кг.

Безопасное расстояние, обеспечивающее невозможность передачи детонации от заряда к заряду, определяется из выражения:

$$r_d = \sqrt{q_1 k_{d_1}^2 + q_2 k_{d_2}^2 + \dots + q_n k_{d_n}^2},$$

где r_d — безопасное расстояние (табл. 126);
 q_1, q_2, \dots, q_n — вес различных ВВ, составляющих заряд, кг.

Коэффициенты $k_{d_1}, k_{d_2}, \dots, k_{d_n}$ зависят от рода ВВ и условий взрыва и принимаются по табл. 126.

Если в хранилищах, принимаемых за пассивный заряд, содержатся различные ВВ, то K_d принимается для наиболее чувствительного ВВ.

Безопасное расстояние от хранилища детонаторов или детонирующего шнура до хранилищ ВВ определяют по формуле

$$r_d = 0,06 \sqrt{n},$$

где n — число детонаторов (1 пог. м детонирующего шнура приравнивается 5 детонаторам).

Безопасное расстояние между необвалованными отдельными хранилищами с детонаторами определяют по формуле $r_d = 0,1\sqrt{n}$. При обвалованных обоих хранилищах r_d уменьшают в 2 раза и при одном обвалованном хранилище в 1,5 раза (табл. 127).

Безопасное расстояние по действию воздушной волны рассчитывается по формуле

$$r_b = K_b \sqrt{q},$$

126. Безопасные по детонации расстояния между

Условия расположения зарядов		Емкость			
Активный заряд	Пассивный заряд	500	1000	2000	5000
Аммиачно-селитренные ВВ Открытый $K_d = 0,25$ Открытый $K_d = 0,15$	Аммиачно-селитренные ВВ Открытый	6	8	11	18
	Углубленный (обвалованный)	3	5	7	11
Углубленный (обвалованный) $K_d = 0,15$ Углубленный $K_d = 1$	Открытый	3	5	7	11
	Углубленный	2	3	4	7
Аммиачно-селитренные ВВ Открытый $K_d = 0,4$ Открытый $K_d = 0,3$	Тротил Открытый	9	13	18	28
	Углубленный	7	10	13	21
Углубленный $K_d = 0,3$ Углубленный $K_d = 0,2$	Открытый	7	10	13	21
	Углубленный	4	6	8	14
Тротил Открытый $K_d = 0,8$	Аммиачно-селитренные ВВ Открытый	18	25	36	57
Открытый $K_d = 0,6$	Углубленный	15	19	27	42
Углубленный $K_d = 0,6$	Открытый	15	19	27	42
Углубленный $K_d = 0,4$	Углубленный	9	13	18	28
Тротил Открытый $K_d = 1,2$ Открытый $K_d = 0,9$ Углубленный $K_d = 0,9$ Углубленный $K_d = 0,5$	Тротил Открытый	27	38	54	85
	Углубленный	20	29	40	64
	Открытый	20	29	40	64
	Углубленный	11	16	22	35

Примечание. За активные заряды приняты

хранилища с однородными ВВ, м

хранилища, т								
10 000	15 000	25 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	250 000
25	31	40	56	69	79	97	112	125
15	18	24	34	41	48	58	67	75
15	18	24	34	41	48	58	67	75
10	12	16	23	27	32	39	45	50
40	49	60	90	110	126	150	179	300
30	37	48	67	82	93	116	134	150
30	37	48	67	82	93	116	134	150
20	25	32	46	55	63	78	90	100
80	98	127	179	219	253	310	358	400
60	74	96	134	164	190	232	268	300
60	74	96	134	164	190	232	268	300
40	48	65	90	110	126	155	179	200
120	144	190	268	329	380	467	537	600
90	110	142	200	240	284	349	400	450
90	110	142	200	240	284	349	400	450
50	61	79	112	137	158	194	224	250

хранилища с большей емкостью.

127. Значения коэффициентов K_d для расчета расстояний, безопасных по передаче детонации

Активный заряд		Пассивный заряд					
Взрывчатое вещество	Местоположение заряда	Аммониты и низкопроцентные динамиты		40%-ные (и более) динамиты		Тротил	
		открытый	углубленный	открытый	углубленный	открытый	углубленный
Аммониты и низкопроцентные динамиты	Открытый	0,25	0,15	0,35	0,25	0,40	0,30
	Углубленный	0,15	0,1	0,25	0,15	0,30	0,20
Динамиты 40%-ные и более	Открытый	0,50	0,30	0,70	0,5	0,8	0,6
	Углубленный	0,30	0,2	0,5	0,3	0,6	0,4
Тротил	Открытый	0,80	0,6	1,0	0,8	1,2	0,9
	Углубленный	0,60	0,4	0,8	0,5	0,9	0,5

Примечания: 1. Заряд, углубленный в грунт, соответствует обвалованному хранилищу. 2. Открытый заряд соответствует хранению ВВ в легких сооружениях в штабелях и открыто расположенных площадках. 3. При хранении других ВВ принимаются переводные коэффициенты соответственно величине работоспособности данного ВВ.

где r_b — безопасное расстояние, м;

K_b — коэффициент, учитывающий условия расположения заряда (хранилища) и

характер допустимых повреждений
(табл. 128);

q — вес заряда, кг.

128. Безопасные расстояния по передаче детонации от хранилища с детонаторами до хранилищ с ВВ

Число детонаторов в хранилище, шт.	Безопасные расстояния до хранилищ с ВВ, м	Число детонаторов в хранилище, шт.	Безопасные расстояния до хранилищ с ВВ, м
1 000	2,0	100 000	19
5 000	4,5	150 000	24
10 000	6,0	200 000	27
15 000	7,5	300 000	33
20 000	8,5	400 000	38
30 000	10,0	500 000	43
50 000	13,5		
75 000	16,5		

Если между местом взрыва и сооружением находится преграда (холм, стена), безопасное расстояние может быть сокращено вдвое, а в случае нахождения сооружения в узкой долине или овраге, вдоль которых распространяются воздушные волны, безопасное расстояние увеличивается в два раза. Если за местом взрыва в радиусе, меньшем 1,5, имеются преграды (стены, валы и т. п.), радиус безопасной зоны в противоположном направлении должен удваиваться (табл. 129).

Уменьшение поражающей способности воздушной волны (табл. 130) может быть достигнуто с помощью следующих средств:

1) засыпки наружных зарядов пылью (при толщине засыпки, равной пятикратной высоте заряда над всей его площадью и шестикратной

129. Значения коэффициента K_B

470

Степень безопасности	Возможные повреждения	Местоположение заряда		
		Открытый заряд	Заряд, углубленный на свою высоту	$n = 3$
				$n = 2$
1	Полное отсутствие повреждений	50—150	10—40	2—5
2	Случайные повреждения застекления	10—30	5—9	1—2
3	Полное разрушение застекления, частичное повреждение рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних перегородок	5—8	2—4	1—1,5
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей, барачков, сараев и т. п.	2—4	1,1—1,9	0,5—1,0
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов, повреждение линий электропередач	1,5—2	0,5—1	Разрушения в пределах воронки выброса
6	Пролет прочных кирпичных стен, полное разрушение коммунальных и промышленных сооружений, повреждение железнодорожных мостов и полотна	1,4	Разрушения в пределах воронки выброса	Разрушения в пределах воронки выброса

у основания, радиус безопасной зоны может быть уменьшен в 4 раза).

2) защита застекления плотными щитами или удаление рам (открывание окон);

3) защита траверсами из мешков или ящиками с песком или землей.

При необходимости нахождения людей вблизи взрыва минимальное безопасное расстояние от действия воздушной волны определяется по формуле $r = 5\sqrt{q}$.

Ниже приводятся минимально допустимые величины радиусов опасных зон, м.

Взрывание на открытых работах в грунтах и скальных породах методом:	
наружных зарядов	300*
шпуровых зарядов	200
котловых шпуров	200**
рукавов	200**
	По проек-
скважинных зарядов	ту, но во
котловых скважин }	всех слу-
камерных зарядов {	чаях не
	менее 200
Дробление валунов зарядами в подкопах	400
Корчевание пней	200
Прокладка защитных полос в грунте при борьбе с лесными пожарами	50
Взрывание при посадке насыпей на болотах	100

* Абсолютная суммарная величина одновременно взрывааемых детонирующим шнуром или электродетонаторами мгновенного действия наружных зарядов не должна превышать 10 кг ВВ.

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

130. Величина относительно безопасных расстояний по различным

Перечень объектов, до которых рассчитываются безопасные расстояния	Условия расположения хранилищ (площадок с В.М.)	Расчетные формулы	Вес			
			500	1000	2000	4000

Минимально допустимые расстояния

Отдельные здания и сооружения, автомобили и железные дороги с небольшим движением, особо прочные по сопротивляемости действию ударной волны сооружения (железные и железобетонные мосты, железобетонные и стальные копры, элеваторы, углемойки и т. п.)	Углубленные (обвалованные)	$r_n = \sqrt{q}$	20	30	45	70
	Открыто расположенные	$r_n = \sqrt{2q}$	45	60	90	140
Населенные пункты, авто- и железнодорожные магистрали, крупные водные пути, заводы, фабрики, склады взрывчатых и огнеопасных материалов, сооружения государственного значения, а также линии электропередач высокого напряжения	Углубленные	$r_n = 2\sqrt{q}$	45	60	90	140
	Открытые	$r_n = 5\sqrt{q}$	110	160	220	350
Объекты, для которых допустимы только случайные повреждения	Углубленные	$r_n = 5\sqrt{q}$	110	160	220	350
	Открытые	$r_n = 10\sqrt{q}$	220	320	450	710

Примечание. В расчет принимается не емкость

действию воздушной волны от складов ВМ до объектов

ВМ, кг							
10 000	15 000	25 000	50 000	75 000	100 000	200 000	250 000
до объектов, м							
100	120	160	220	270	320	450	500
200	240	320	450	550	630	900	1000
200 500	240 610	320 790	450 1120	550 1370	630 1580	900 2240	1000 2500
500 1000	610 1225	790 1580	1120 2230	1370 2740	1580 3160	2240 4475	2500 5000

склада, а емкость наибольшего хранилища ВМ.

Дноуглубительные работы *:	
без наличия ледяного покрова	
на поверхности водного бассейна:	
при взрывании скальных грунтов	100
при взрывании скальных грунтов	200
при наличии ледяного покрова	
вне зависимости от свойств взрывааемых грунтов	
	200
Ледоходные работы:	
при взрывании ледяного покрова	100
при взрывании заторов	200
Взрывные работы по шуге	
	50
Работы по металлу:	
на открытых полигонах	1500
при взрывании в бронях	50
при взрывании на территории заводских площадок	По проекту
при взрывании в горячих массивах	По проекту, но не менее 30
Валка зданий и сооружений	100
Дробление фундаментов	200
Торпедирование скважин	100**
Простреливание шпуров	50
Простреливание скважин для котловых зарядов	100

* В целях предотвращения продвижения в опасную зону судов, плотов и т. п. при производстве дноуглубительных работ должны выставляться оцепление и сигналы на расстоянии не менее чем 200 м от границы опасной зоны вверх и вниз по течению реки. Во время лесосплавов оцепление и сигналы вверх по течению реки должны выставляться на расстоянии не менее 500 м.

** Радиус опасной зоны при торпедировании может быть уменьшен до 20 м после спуска торпеды в скважину на глубину более 50 м.

При перфорации сухих, газифицируемых и поглощающих растворов скважин	30
При взрывах для сейсмических разведок:	
в шурфах	100
в скважинах	30
на поверхности	30

Подземные склады должны устраиваться с учетом следующих требований:

а) расстояние от склада до ствола шахты и околоствольных выработок должно быть не менее 100 м для камерного и 60 м для ячейкового склада, а расстояние до выработок, предназначенных для постоянного прохода людей, соответственно 25 и 20 м;

б) расстояние от склада камерного типа до поверхности должно быть не менее 30 м, ячейкового типа — не менее 15 м;

в) каждый склад должен иметь два выхода.

На строительстве метро и туннелей разрешается устраивать временные склады ВМ с одним выходом при условии ограничения его емкости до 1 т. В этих случаях склад должен находиться не ближе 20 м от ствола шахты и 15 м от ходовых выработок.

Учет и транспортирование ВМ

Учет ВМ производится в строгом соответствии с инструкцией о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов.

Перевозка ВМ производится в соответствии с «Едиными правилами»:

а) железнодорожным, водным и воздушным

транспортом (кроме ведомственного и перевозки ручной клади) без разрешения милиции;

б) автомобильным, гужевым транспортом и вьюками с завода-поставщика, со склада одного предприятия на склад другого предприятия различных министерств и ведомств, независимо от их территориального расположения, а также со склада на склад одного и того же предприятия, расположенных на территории разных областей, краев и республик, не имеющих областного деления — по разрешениям районных, городских, областных, краевых и республиканских учреждений милиции.

Доставленные на склад ВМ должны быть немедленно помещены в хранилище и оприходованы. Учет прихода и расхода ВМ ведется в шнуровых книгах по формам № 1 (см. приложение 2) и № 2 (приложение 3).

Книга учета по форме № 1 ведется заведующим складом и предназначается для количественного учета на базисных и расходных складах. Книга по форме № 2 предназначается для расходных складов и ведется заведующими и раздатчиками складов. Выведенное в форме № 2 количество израсходованных за сутки ВМ записывается ежедневно в книгу учета прихода и расхода ВМ по форме № 1. Книжки учета должны храниться на складе и предъявляться по первому требованию лиц, имеющих право проверки склада. Выдача ВМ с базисного склада на расходные производится по наряду накладной, а из расходного склада взрывнику — по наряду-путевке.

Неизрасходованные в течение смены ВМ сдаются взрывником на склад или могут быть переданы по смене другому взрывнику при наличии

на участке специально оборудованных запирающихся ниш для хранения ВМ, устройство которых разрешено Госгортехнадзором.

Транспортировка ВМ железнодорожным, водным и воздушным транспортом, а также ручной кладью должна производиться с соблюдением § 34—81 «Единых правил безопасности при взрывных работах».

На горные предприятия со складов ВМ доставляются, как правило, автомобильным, реже гужевым транспортом. Автомобиль для перевозки ВМ должен быть исправным, оборудован глушителями, иметь два пенных огнетушителя, цепи или другие приспособления для увеличения проходимости. Перевозка в одном автомобиле или повозке ВВ с детонаторами или детонирующими шнурами воспрещается. В отдельных случаях, по разрешению главного инженера или руководителя взрывных работ, допускается совместная перевозка до 500 кг ВВ, 5000 шт. детонаторов, 500 м детонирующего шнура и 4000 м огнепроводного шнура.

Аммиачно-селитренными ВВ можно загружать автомобиль на полную его грузоподъемность, нитроглицериновыми ВВ или детонаторами — не более чем на $\frac{2}{3}$.

Запрещается перевозить ВМ в газогенераторных автомобилях, автобусах общего пользования, в автомобилях, метро, троллейбусах, трамваях и повозках с пассажирами, на автосамосвалах, а также перевозить детонаторы, дымный порох и динамиты на автоприцепах.

Спуск ВМ по стволу и доставка к подземному складу может производиться двумя способами: непосредственно в клетки или в специальных

вагонетках. Первый способ применяют в том случае, если подземный склад находится недалеко от ствола. Спуск детонаторов или нитроглицериновых ВВ можно производить со скоростью 2 м/сек, аммиачно-селитренных ВВ — 4 м/сек. Детонаторы запрещается спускать вместе со взрывчатыми веществами. Спуск ВМ по стволу и доставка к складу разрешается после спуска — подъема смены рабочих, когда движение рабочих по околоствольным и путевым выработкам прекратилось. Спуск ВМ в специальных вагонетках производят в том случае, когда склад расположен далеко от ствола или когда переноска ВМ к нему вручную неудобна.

Аммиачно-селитренные ВВ и огнепроводный шнур можно перевозить в обычных вагонетках и загружать до бортов. Перевозка ВМ от ствола к складу должна производиться отдельно от других грузов в сопровождении заведующего складом, его помощника или взрывника.

Все ВВ, за исключением электродетонаторов, можно перевозить как аккумуляторными, так и контактными электровозами, электродетонаторы перевозить контактными электровозами запрещается. Скорость движения должна быть не более 2 м/сек. Если подземного склада нет, взрывники спускаются в клетки с полученными из поверхностного склада ВВ, при этом взрывник может переносить не более 10 кг ВВ и соответствующего количества СВ, подносчики ВВ и взрывники без средств взрывания могут переносить до 20 кг ВВ. В каждом этаже клетки могут опускаться не более 4 взрывников и подносчиков ВВ, прочие рабочие не должны спускаться в этой клетке. При проходке вертикальных стволов шахт

спуск ВМ производится в бадьях со скоростью движения, не превышающей 2 м/сек. Патроны-боевики, изготовленные на поверхности, спускают в последнюю очередь, отдельно от ВВ.

Обязанности взрывника, работающего в забое вертикальных стволов

Взрывник, а также все лица, занятые на заряджании шпуров, должны строго соблюдать все указания «Единых правил безопасности при взрывных работах» с учетом специфических условий ведения взрывных работ при проходке стволов шахт.

Перед заряджанием взрывник обязан:

а) дать предупредительный (один продолжительный) сигнал, по которому все люди, не занятые на заряджании шпуров, удаляются в безопасные места;

б) проверить глубину и диаметр шпуров и расположение их в соответствии с паспортом БВР;

в) очистить шпур от буровой муки и кусочков породы при помощи лотка-чищалки или продувателя.

Затем в шпур вводятся патроны ВВ. Слежавшиеся аммиачно-селитренные ВВ перед применением следует осторожно размять руками, сильно слежавшиеся ВВ применять для взрывных работ запрещено. Патроны-боевики взрывник имеет право изготавливать только на поверхности в зарядных будках не ближе 50 м от устья шахты, а спуск их должен производить в сумке при скорости движения сосуда не более 1 м/сек, при спуске сосуда по направляющим —

2 м/сек, причем спуск сумок с патронами-боевиками взрывник должен производить отдельно от ВВ. Взрывник и его помощники могут производить монтаж электровзрывной сети только после выхода всех рабочих из ствола шахты.

Перед подсоединением проводов взрывной магистрали к зажимам источника тока и включением тока взрывник обязан дать боевой сигнал (два продолжительных), а после взрывания и осмотра им места взрыва — отбой (три коротких). В случае наличия отказов или неполных взрывов взрывник совместно с начальником смены должен принять меры к их устранению. В случае невозможности ликвидировать отказ взрывник обязан поставить отличительный знак у места отказа и предупредить сменный надзор участка о наличии неликвидированного отказа.

Если нельзя точно установить, имеется ли отказ (что часто имеет место при проходке вертикальных стволов), работа по уборке породы в местах предполагаемого отказа производится под наблюдением взрывника, а при продолжении работ по уборке породы в последующие смены взрывник обязан сообщить о наличии неликвидированного отказа сменяющему его взрывнику и техническому надзору. О каждом отказе взрывник обязан произвести запись в специальном журнале. Ликвидацию отказов взрывник должен производить в отсутствие людей, не связанных с работой по ликвидации отказавших зарядов.

Обязанности взрывника, работающего на проходке горизонтальных и наклонных выработок

Как и на проходке вертикальных стволов, взрывник, занятый на прохождении горизонтальных и наклонных выработок, должен строго соблюдать все меры предосторожности, предусмотренные «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

В отдельных случаях могут быть введены дополнительные меры предосторожности, вызванные особыми условиями ведения взрывных работ, которые взрывник также обязан соблюдать.

При огневом взрывании, после того как шпуров зажжены, взрывник уходит в укрытие и считает взрывы. Если заряды взорвались все, взрывник может выходить из укрытия, но идти в забой может лишь после проветривания. В случае недосчета взрывов можно выходить из укрытия не ранее чем через 15 мин. При электрическом взрывании шпуров взрывник может выходить из укрытия (при электродетонаторах замедленного действия — через 5 мин после взрыва), только предварительно отсоединив магистральные провода от источника тока. Если взрыва не произошло, то выходить из укрытия можно не ранее 5 мин при применении электродетонаторов мгновенного действия и не ранее 15 мин при работе с детонаторами замедленного действия.

Третий сигнал — отбой — взрывник дает только после проветривания забоя, осмотра и выяснения, что все шпуров взорвались. В случае трудности установления полноты взрыва работы

по уборке породы должны вестись под наблюдением взрывника.

Обнаружив отказ, взрывник обязан удалить из забоя рабочих и приступить к его ликвидации, для чего пробурирует параллельно отказавшему новый шпур на расстоянии 30 см от его зарядки и взрывания. Направление отказавшего шпура определяют извлечением из его устья на глубину 20 см забойки, после чего в освободившуюся часть шпура вставляют забойник.

При производстве взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, взрывник, прийдя в забой, должен прежде всего проверить концентрацию газа и наличие опасной свежееосевшей пыли.

Если в забое или в выработке на протяжении 20 м от забоя будет обнаружен метан в количестве 1% и более, шпуры нельзя заряжать.

При ведении взрывных работ в шахтах, опасных по пыли, забой и выработку на протяжении 20 м орошают или осланцовывают. При сотрясательном взрывании после проветривания (но не ранее 30 мин) взрывник, направляясь по входящей струе на осмотр забоя, обязан периодически замерять газ. В случае обнаружения метана в количестве 2% и выше взрывник обязан немедленно возвратиться назад для принятия мер по проветриванию.

Взрывник обязан проверять соответствие отмеченных в наряде-путевке электродетонаторов различных замедлений с выданными ему по металлической бирке на проводниках электродетонаторов и цветной полосе на гильзе, обозначающих время замедления.

Отпуск взрывника

Продолжительность отпуска взрывника устанавливается 12 рабочих дней с добавлением дней еженедельного отдыха и других нерабочих дней, приходящихся на время отпуска. Кроме основного отпуска, взрывникам, занятым на подземных работах, установлен дополнительный отпуск 12 рабочих дней.

Для взрывников, постоянно занятых на проходке горных выработок, в процессе проведения которых образуется большое количество пыли из пород, содержащих 10% и более свободной двуокиси кремния, дополнительный отпуск вместо 12 рабочих дней за год работы увеличен до 24 рабочих дней. При этом этот дополнительный отпуск (24 дня) предоставляется в два срока, через каждые полгода работы. Кроме того, для рабочих, занятых на подземных работах, проработавших на данной шахте непрерывно не менее 2 лет, предоставляется дополнительный трехдневный отпуск или денежная компенсация в размере трехдневного заработка.

Взрывникам на открытых горных работах, кроме основного отпуска продолжительностью 12 рабочих дней, предоставляется дополнительный отпуск 6 рабочих дней.

Нормы спецодежды

В табл. 131 приведены нормы спецодежды для мастеров-взрывников, занятых на подземных работах, а в табл. 132 — нормы спецодежды на открытых горных работах.

131. Нормы бесплатной спецодежды и сроки носки ее для взрывников, занятых на подземных работах в угольных и сланцевых шахтах

Профессия и вид работ	Наименование спец-одежды, спецобуви и защитных приспособлений	Сроки носки, мес.		
		При мощности пласта 0,8 м и выше	При мощности пласта от 0,6 до 0,8 м	При мощности пласта до 0,6 м
Мастер-взрывник: а) при добыче угля и сланца: на сухих работах на мокрых работах	Костюм брезентовый	9	6	5
	Ботинки кожаные	9	9	9
	Перчатки кожаные	12	12	12
	Каска	18	18	18
	Костюм хлопчатобумажный	9	6	5
	Куртка ватная	24	18	18
	Костюм прорезиненный	5	3	2
	Сапоги резиновые литые	6	6	4
	Портянки хлопчатобумажные	2	2	2
	Перчатки кожаные	12	12	12
Каска с водозащитным шлемом	18	18	18	
б) при добыче антрацита: на сухих работах	Костюм брезентовый	7	5	4
	Ботинки кожаные	7	7	7

Продолжение табл.

Профессия и вид работ	Наименование спецодежды, спецобуви и защитных приспособлений	Сроки носки, мес.		
		При мощности пласта 0,8 м и выше	При мощности пласта от 0,6 до 0,8 м	При мощности пласта до 0,6 м
на сухих работах	Перчатки кожаные	12	12	12
	Каска	18	18	18
на мокрых работах	Костюм хлопчатобумажный	8	5	4
	Куртка ватная	24	18	18
	Костюм прорезиновый	4	3	2
	Сапоги резиновые литые	6	4	4
	Портянки хлопчатобумажные	2	2	2
	Перчатки кожаные	12	12	12
	Каска с водозащитным шлемом	18	18	18

132. Нормы бесплатной спецодежды и сроки носки для взрывников, занятых на открытых работах

Профессия	Наименование спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений	Срок носки, мес.
Взрывник	Костюм хлопчатобумажный	12
	Ботинки кожаные	12
	Перчатки кожаные	12
	На наружных работах дополнительно:	
	Куртка ватная	По поясам
	Полуплащ из плащ-палатки	36
	Валенки	По поясам

Сроки носки куртки ватной по поясам. I пояс — 36 мес.; II — 30; III — 24; IV — 18; особый пояс — 18; валенки: I пояс — 48; II — 36; III — 30; IV — 24; особый пояс — 24 мес.

Организация взрывных работ

Работа взрывника может быть организована по индивидуальному и бригадному методам.

Индивидуальный метод работы взрывника применяется при сравнительно небольшом объеме взрывных работ на данном горном предприятии.

Организация всех видов взрывных работ в промышленности производится с санкции органов Госгортехнадзора при советах министров союзных республик и отдельных министерствах и ведомствах.

Все взрывные работы могут проводиться под руководством лиц, имеющих право руководства горными или взрывными работами. Непосредственное выполнение работ, связанных с взрыванием (подвозка и подноска детонаторов, заряжание, забойка и т. п.) может быть поручено только лицам, сдавшим испытание в квалификационной комиссии и получившим «Единую книжку взрывника», удостоверяющую их право на производство взрывных работ.

К производству взрывных работ в шахтах, не опасных по газу или пыли, могут быть допущены лица в возрасте 19 лет, с образованием не ниже 7 классов, сдавшие испытания и получившие «Единую книжку взрывника», также имеющие стаж на подземных проходческих или очистных

работах не менее одного года. Для получения права производства взрывных работ в подземных условиях шахт, опасных по газу и пыли, стаж подземных работ должен быть не менее 2 лет, а возраст — не менее 22 лет.

С 1957 г. в Донбассе введена должность мастера-взрывника для производства работ в шахтах, опасных по газу и пыли. Мастера-взрывники готовятся из лиц с образованием не ниже 7 классов, имеющих возраст не менее 22 лет и стаж подземных работ не меньше 3 лет по специальной шестимесячной программе; они должны сдать испытания в квалификационной комиссии и получить «Единую книжку мастера-взрывника».

В «Памятке для рабочих, занятых на подземных работах в угольных и сланцевых шахтах», указывается, что мастера-взрывники должны знать правила производства взрывных работ, дополнительные правила выполнения взрывных работ на шахтах, опасных по газу и пыли, свойства взрывчатых веществ и средств взрывания, применяемых в угольных и сланцевых шахтах, нормы их расходования и способы испытания; устройство и принцип действия взрывных машинок и электроизмерительных приборов; способы и правила хранения, транспортирования и уничтожения взрывчатых материалов; порядок заряжания и взрывания шпуров при огневом и электрическом взрывании; схемы соединения при электровзрывании; способы бурения шпуров; расположение их в забое, способы и правила ликвидации невзорвавшихся зарядов; сигнализацию при ведении взрывных работ и устройство ограждений; состав рудничного воздуха и до-

пускаемый процент содержания в нем рудничных газов: метана, углекислоты, окиси углерода и др.; способы определения и правила замера содержания газа; устройство бензиновой лампы «Свет шахтера», газоанализаторов, индикаторов и принцип их действия; меры предосторожности при обнаружении в выработках газов.

Мастер-взрывник обязан выполнить следующие работы: выписку, получение и подноску к месту работы взрывчатых материалов; производить взрывные работы по углю и породе в соответствии с паспортом буровзрывных работ; выполнить все работы, связанные с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах» (замер метана, подача сигналов, определение безопасной зоны и наличия постов и др.); проверку состояния крепи и качества осланцевания, количества и расположения шпуров, их глубины и направления; приготовление боевых патронов, внутренней забойки; составление отчета о расходовании и сдаче на склад неизрасходованных взрывчатых материалов; испытание и уничтожение непригодных взрывчатых материалов.

В табл. 133 приведены тарифные ставки мастера-взрывника.

Бригадный метод работы взрывника имеет наиболее широкое распространение и заключается в ведении взрывных работ группой (бригадой) взрывников, из числа которых один назначается старшим или бригадиром, осуществляющим руководство работой бригады. При этом бригадиром взрывников может быть назначено лицо, имеющее стаж работы взрывника не менее одного года.

133. Тарифные ставки мастера-взрывника

Профессия	Дневные тарифные ставки, руб.-коп.	
	на шахтах Донецкого и Львовско-Во- лынского бассейнов	на шахтах остальных бассейнов
Мастер-взрывник в очистных забоях (V и VI разряды)	7—50	6—00
Мастер-взрывник на всех подземных работах, кроме очистных забоев (V разряд)	6—00	6—00

Примечание. Взрывник до сдачи испытаний на звание мастера-взрывника получает 80% тарифной ставки, установленной для мастера-взрывника.

Практика ведения буровзрывных работ на предприятиях угольной и горнорудной промышленности со всей очевидностью показала, что в деле повышения эффективности этих работ большое влияние оказывает правильная организация зарядки шпуров и скважин, направленная на сокращение времени для зарядки шпуров и скважин и повышение качества работ, выражающееся в повышении плотности зарядки и улучшении качества забойки. В разрешении этих задач большую роль должно сыграть широкое распространение передового опыта проходческих бригад Донецкого и Криворожского бассейнов, практикующих групповую зарядку шпуров с участием проходчиков, имеющих «Единую книжку взрывника». Это намного сокращает время, необходимое для зарядки шпуров и, кроме того, повы-

шает ответственность бурильщиков за качество буровых работ, так как обычно зарядание шпуров осуществляется рабочим, закрепленным за определенным сектором, где он производит и бурение шпуров.

Весь опыт по организации буровзрывных работ при организации скоростных проходок вертикальных, горизонтальных и наклонных выработок убедительно говорит о том, что указанная организация работ взрывника с участием в зарядке шпуров нескольких рабочих, имеющих «Единую книжку взрывника», является наиболее прогрессивной и способствующей резкому увеличению производительности труда проходчиков и повышению темпов проходки. Можно считать этот метод наиболее прогрессивным и при ведении взрывных работ в очистных забоях.

Распределение взрывников в настоящее время производится по одному из следующих принципов: взрывники не имеют закрепленных забоев и посменно направляются в разные забои; взрывники на длительное время прикрепляются к определенному участку. Следует отметить, что второй принцип является более прогрессивным и должен найти повсеместное применение, так как в случае прикрепления на длительный срок к определенному участку взрывник несет ответственность за качественное выполнение взрывных работ на этом участке и имеет возможность в достаточной степени изучить особенности выполнения взрывных работ в данном забое. Последнее обстоятельство имеет большое значение, так как своевременное изменение и уточнение паспорта буровзрывных работ применительно к конкретным

горногеологическим условиям в ряде случаев решающим образом влияет не только на эффективность проходки выработок, но и на технико-экономические показатели деятельности горного предприятия в целом.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дальнейшее развитие взрывных работ в горнодобывающей промышленности должно идти в направлении:

а) совершенствования существующих и создания новых видов взрывчатых веществ повышенной мощности и безопасных в обращении;

б) создания надежных средств взрывания, главным образом, электродетонаторов короткозамедленного действия с большой точностью срабатывания;

в) создания более совершенных и безопасных взрывных машинок и других приборов для контроля взрывной сети и производства взрывов;

г) совершенствования существующих и изыскание новых более эффективных и безопасных способов ведения взрывных работ с использованием новейших достижений науки и техники.

В основу создания непродохранных ВВ для производства работ в шахтах, не опасных по газу или пыли, следует положить тенденцию повышения мощности на единицу объема ВВ, что имеет исключительно большое значение для ведения взрывных работ в очень крепких породах.

Это значит, что в ближайшие годы должны быть созданы ВВ пластичной или полупластичной модификации, обладающие повышенной бризантностью и работоспособностью, с большим объемным весом.

Создание указанных ВВ позволит в ряде случаев перейти на производство взрывных работ с применением шпуров уменьшенного диаметра, благодаря возможности сосредоточения необходимого для разрушения горного массива количества энергии ВВ при меньшем объеме выбуренной породы, с одной стороны, за счет повышения мощности ВВ и, с другой стороны, за счет возможности лучшего заполнения объема шпура пластичной массой ВВ и увеличения плотности ВВ такой консистенции по сравнению с порошкообразными его разновидностями.

Преимущество пластичных и полупластичных модификаций ВВ перед прессованными их разновидностями (имеющими равную плотность) заключается в лучшем заполнении объема выбуренного шпура, что имеет первостепенное значение при ведении взрывных работ в крепких и весьма крепких породах. Нельзя забывать и то обстоятельство, что бурение шпуров в этих условиях ведется, как правило, с промывкой, поэтому и в случае взрывания необводненных пород следует предусматривать применение здесь водостойчивых ВВ.

Создание же ВВ для взрывания в шахтах, не опасных по газу и пыли, в породах слабых и средней крепости должно осуществляться по принципу повышения их безопасности, увеличения водостойкости, надежности срабатывания при одновременном снижении стоимости. Особое вни-

мание следует уделять созданию ВВ для указанных условий, обладающих повышенной степенью безопасности и позволяющих осуществить полную механизацию процесса зарядки. Значительное внимание должно быть уделено повышению стабильности свойств ВВ в продолжение всего срока его годности.

При создании предохранительных ВВ следует исходить из двух основных требований:

а) ВВ должны удовлетворять определенному достаточно высокому уровню предохранительности;

б) они должны быть достаточно эффективными при взрывных работах, соответствующих условиям их применения.

Одним из главных вопросов при создании новых ВВ следует считать создание предохранительного ВВ с пониженной склонностью к выгоранию с одновременным повышением бризантности, работоспособности и сохранения своих взрывных свойств в течение всего гарантийного срока. Предохранительные ВВ, которые будут создаваться в ближайшие годы, будут подразделены на три основных класса соответственно условиям применения, отличающихся по степени предохранительности, взрывчатым характеристикам и методам испытаний:

1. Класс I — мощные ВВ ограниченного применения. В классе имеются две группы: группа А — для взрывания по породе; группа Б — для гидровзрывной отбойки угля (табл. 134).

2. Класс II — для взрывания по углю и породе.

3. Класс III — ВВ повышенной предохранительности.

134. Условия применения, испытания и нормы требования к предохранительным взрывчатым веществам различных классов

	Класс I		Класс II	Класс III
	Группа А	Группа Б		
Условия применения	Для взрывания в забоях выработка, полностью проходимых по породам в шахтах, опасных по газу всех категорий и опасных по пыли, а также для вскрытия пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа	Для взрывания по углю в шпурах и скважинах, заполненных водой, в шахтах, опасных по газу всех категорий и опасных по пыли, а также для проходки стволов при появлении метана	Для взрывания по углю и породам в забоях подготовительных, нарезных и очистных выработок без машинного вруба в шахтах, опасных по газу всех категорий и опасных по пыли, а также для сжательного взрыва и взрывных работ в забоях с сульфидным выделением метана	Для отбойки угля в очистных и подготовительных забоях при наличии машинного вруба, в шахтах, сверхкатегорийных по газу, независимо от опасности по пыли, а также в туликовых угольных забоях и лавах без вруба для отбойки мягких углей

Ко всем предохранительным ВВ должны предъявляться требования, определяемые условиями их применения в шахтах, а именно:

1. Склонность к выгоранию предохранительных ВВ классов II и III в условиях практического применения должна быть минимальной.

2. Предохранительные ВВ должны иметь такую консистенцию, структуру и плотность, при которых они обладали бы минимальной слеживаемостью и спекаемостью. Они должны быть также малочувствительными к возможным импульсным переуплотнениям взрывами и устойчиво детонировать при изменении структуры и плотности. Основные взрывные характеристики (передача и полнота детонации) образцов ВВ свежего изготовления, а также в конце гарантийного срока сохранности должны определяться в патронах без предварительного их размятия.

3. Предохранительные ВВ должны полностью и устойчиво детонировать в зарядах, состоящих из 5 патронов (принятого диаметра и плотности) и помещенных в стальных трубах с внутренним диаметром, на 8--20 мм превышающим диаметр патронов.

4. ВВ должны полностью детонировать в зарядах, состоящих из 4--5 неразмятых патронов, при нормальной для них плотности и при расстоянии между торцами не менее 3 см.

5. Все предохранительные ВВ должны быть водостойчивыми.

Требования по водостойчивости одинаковы для веществ группы А класса I и классов II и III. Предохранительные ВВ группы Б класса I должны обладать более высокой водостойчивостью, а также способностью устойчиво дето-

нирывать при повышенном гидростатическом давлении, равном 10 кг/см^2 .

6. Взрывчатые вещества должны быть безопасны в обращении и не должны превосходить по чувствительности применяемые предохранительные ВВ: для обычных аммонитов — ПЖВ20, для аммонитов, содержащих твердые сенсibiliзаторы, — скальный аммонит № 11, для победитов — ВП-3 и для пластичных нитроглицериновых ВВ — Д-3.

7. Все предохранительные ВВ должны быть влагоустойчивыми.

Влагоустойчивость может быть повышена применением специальной герметической укупорки.

8. Предохранительные ВВ не должны при лабораторном испытании образовывать при взрыве ядовитых газов больше, чем применяемые предохранительные ВВ.

9. Предохранительные ВВ должны сохранять свои физико-химические свойства и взрывные показатели в течение всего гарантийного срока годности, который должен быть в пределах 5—6 мес.; при этом допускается изменение температуры хранения и транспортирования в пределах от -20°C до $+30^\circ \text{C}$.

Практика ведения буровзрывных работ на угольных шахтах со всей очевидностью подтверждает необходимость создания предохранительных ВВ с добавками нитроэфиров, способствующими лучшей детонации заряда и повышающими мощность ВВ с одновременным увеличением плотности заряжания.

Следует отметить при этом, что добавление во взрывчатое вещество нитроэфиров в определенной консистенции ни в какой мере не оказывает

влияния на его свойства в отношении воспламенения метана и угольной пыли. В ближайшее время следует осуществить массовые испытания новых промышленных ВВ с целью установления наиболее эффективных их модификаций и выработки окончательных направлений в области создания предохранительных ВВ для конкретных условий отдельных бассейнов.

Весьма перспективным является также другое направление в развитии взрывных работ в газо- и пылеопасных шахтах, предусматривающее достижение безопасности взрывания образованием вокруг заряда предохранительной среды.

Существующие способы повышения предохранительных свойств ВВ (введение в их состав большого количества инертных солей в качестве пламегасителей, а также применение предохранительных оболочек из инертных материалов) связаны с ограничением энергии взрыва заряда в шпуре, так как значительная часть шпура заполняется инертными материалами (до 68—72%).

Высокопредохранительные ВВ по энергетической мощности пригодны лишь для рыхления и отбойки подрубленного угля, а для разрушения угольного или породного массива в целике их энергия явно недостаточна для повышения безопасности и эффективности взрывных работ в шахтах, опасных по взрыву газа и угольной пыли. МакНИИ был предложен и успешно опробован способ комплексного использования воды как активного фактора, предотвращающего воспламенение взрывоопасной метановоздушной или пылевоздушной среды и повышающего пре-

дохранительные свойства мощных взрывчатых веществ.

Применяющиеся в нашей горной промышленности предохранительные взрывчатые вещества способны воспламенить метано- или пылевоздушную взрывоопасную смесь при взрывании обнаженного или открытого заряда весом 200—250 г.

Если заряд взрывчатого вещества заключить в оболочку из воды или водного раствора соли при толщине слоя жидкости в 4—5 мм, то даже не предохранительные взрывчатые вещества (аммонит № 6, 62%-ный динамит) не взрывают взрывоопасную смесь метана с воздухом (9,5% CH_4) при взрывании свободно подвешенных зарядов не только 200—250 г, но и увеличенным зарядом весом 750—800 г.

Водяная оболочка вокруг патрона устраняет разброс слоя ВВ при детонации заряда, сдерживает процесс расширения продуктов детонации и устраняет вторичные реакции после детонации ВВ, охлаждая продукты детонации. Устраняя разброс верхнего слоя ВВ, оболочка тем самым значительно повышает детонационную способность патронов взрывчатого вещества, уменьшает химические потери взрывчатого превращения. В ничтожно малый промежуток времени, за который протекает детонация, вода оболочки не успевает превратиться в пар и сохраняет свое свойство практически несжимаемого вещества, способствующего передаче давления в заряде от слоя к слою. После прохождения детонационной волны по заряду выделившаяся энергия в результате взрыва превратит воду в пар. Таким образом увеличивается общее количество газообразных продуктов и создаются лучшие условия

для полезной работы газов. Детонация 62%-ного динамита, скального аммонита и других ВВ так же, как и аммонита № 6, не дает пламени при окружении зарядов водяной оболочкой толщиной 4—5 мм.

Применение водяных оболочек практически не снижает работоспособности ВВ. В таких оболочках непригодные для мощных ВВ становятся предохранительными.

Водяная оболочка выполняется в виде двухстенной трубки из полиэтилена толщиной 0,3—0,5 мм, между стенками которой помещается вода или водный раствор соли (100—110 см³), герметически изолированные от ВВ и окружающего воздуха.

Внутренняя трубка или ампула заполняется навеской ВВ 150—200 г и герметически закрывается с торца.

Развитие химии пластмасс позволяет в ближайшие годы широко применить хорошо зарекомендовавший себя в производственных условиях метод забойки шпуров ампулами с водой или водным раствором некоторых солей.

Применение водяной забойки позволяет значительно повысить безопасность и эффективность взрывания по сравнению с применением глиняной забойки.

Так, по данным МакНИИ, при взрывании в стальной мортуре аммонита № 6 для предотвращения взрыва 9,5% метановоздушной смеси необходима минимальная забойка из глины длиной 30 см. При таких же условиях взрывания водяная забойка длиной в 10—11 см, т. е. в три раза меньше, чем глиняная, надежно предохраняет от воспламенения метана.

Основное условие применения водяной забойки для обеспечения безопасного взрывания заряда ВВ в шпуре — плотное прилегание стенок водяной ампулы-забойки к стенкам шпура, чтобы не было зазора между стенками канала шпура или мортитры и ампулой.

Ампулы для водяной забойки необходимо изготавливать из эластичного и прочного материала

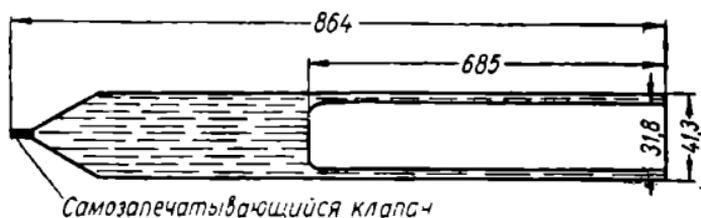


Рис. 97. Ампула с водой для забойки шпуров.

(эластичная резина, тонкий полиэтилен высокого давления), способного расширяться в каналах различных диаметров под давлением воды.

Имеется несколько типов ампул, служащих в качестве забойки. На рис. 97 показана ампула с водой, имеющая углубление в донной части для помещения патрона ВВ. В большинстве случаев применяются обычные оболочки, наполненные водой.

Одним из способов предупреждения взрывов взрывоопасной метано- или пылевоздушной среды продуктами взрывчатого превращения в шпурах служит также применение водяных завес ближнего действия при помощи распыления воды перед взрывом зарядов ВВ в шпурах.

Исследованиями МакНИИ установлено, что при распылении воды в количестве 6—8 л во взрывоопасной среде последняя не воспламе-

няется от взрыва свободно подвешенного открытого заряда аммонита № 6 или победита ВП-2 весом 200—250 г.

Распыление воды рекомендуется производить за 25, 50 или 100 мсек до взрыва зарядов ВВ в шпурах предохранительными электродетонаторами мгновенного действия типа ЭД-8-56, ЭД-9-60 в железной оболочке. Вода заполняет мешки емкостью 8—10 л из тонкого полиэтиленового шланга. Всего на забой сечением 8—10 м² необходимо 2—3 таких мешка с общим количеством воды в них 25—30 л, подвешенных на расстоянии 2—2,5 м от забоя.

Рекомендуемый способ распыления воды не требует специального изготовления мешков на заводах пластмасс, так как для этой цели можно использовать отрезки полиэтиленового шланга шириной 18—20 см, серийно выпускаемого нашей промышленностью.

В области создания электродетонаторов особое внимание будет обращено на разработку их конструкций, предназначенных для применения в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, без воспламенения метана или угольной пыли. Помимо предохранительных свойств, вновь создаваемые электродетонаторы должны обладать рядом качеств, из которых основными являются следующие:

а) детонаторы не должны давать отказов, неполных детонаций и выгораний ВВ при взрывании их от гарантийного тока в 0,8—1а. Вероятность отказов и неполных детонаций электродетонаторов не должна превышать $1,10^{-4}$;

б) электродетонаторы мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия должны

надежно срабатывать от всех возможных на практике токов при применении конденсаторных взрывных машинок;

в) электродетонаторы мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия должны быть водоустойчивыми и влагоустойчивыми;

г) электродетонаторы короткозамедленного и замедленного действия должны надежно срабатывать при взрывании их под водой на глубине 1 м при температуре воды от 5 до 40° С;

д) электродетонаторы должны быть безопасны в обращении, при приложении динамической нагрузки на проводники не должны взрываться;

е) электродетонаторы должны иметь импульс воспламенения в пределах 0,7—2,0 a^2 мсек. Испытание может вестись таким образом, чтобы при импульсе 0,7 a^2 мсек не взрывался ни один электродетонатор, а при импульсе 2,0 a^2 мсек все электродетонаторы взрывались;

ж) время срабатывания электродетонаторов мгновенного действия, предназначенных для совместного применения с ЭД-КЗ в шахтах, опасных по газу или пыли, должны быть в пределах не менее 4 мсек;

з) время срабатывания электродетонаторов короткозамедленного действия должно быть таким, чтобы между нулевой и I степенью замедления обеспечивался минимальный интервал 20—30 мсек, а между остальными—10—12 мсек.

Разброс во времени срабатывания должен быть сведен к минимуму и не должен превышать ± 5 мсек для первых 3—4 ступеней и ± 10 —15 для остальных.

Примерные номиналы и пределы замедлений

для электродетонаторов ЭД-КЗ могут быть следующими (табл. 135):

135. Номиналы и пределы замедлений для электродетонаторов ЭД-КЗ

Номинал замедления	Разброс	Пределы замедления	Минимальный интервал между сериями
6	± 2	4—8	22
35	± 5	30—40	15
60	± 5	55—65	10
85	± 10	75—95	10
115	± 10	105—125	10
145	± 10	135—155	10
180	± 15	165—195	10
220	± 15	205—235	10
260	± 15	245—275	10
300	± 15	285—315	10
340	± 15	325—355	10

и) для изготовления гильз электродетонаторов всех типов может применяться сталь или биметалл;

к) длина проводников электродетонаторов должна быть в пределах 3—4,5 м;

л) для электродетонаторов мгновенного, замедленного и короткозамедленного действия должны применяться электровоспламенители с жестким креплением мостика накаливания как обеспечивающим более стабильные электрические и взрывные показатели электродетонаторов; разброс сопротивления мостиков накаливания должен быть не более 1 ом.

При создании взрывных машинок следует руководствоваться следующими требованиями, вытекающими из условия применения машинок

и новых более прогрессивных методов ведения взрывных работ в различных горногеологических условиях:

1. Параметры взрывных машинок должны рассчитываться на электродетонаторы с нихромовыми мостиками со следующими основными характеристиками:

а) сопротивление электродетонатора в пределах $2,0—4,2$ ом;

б) срабатывание последовательно соединенных в группу 20 электродетонаторов от источника постоянного тока $1,0$ а;

в) импульс воспламенения в пределах $0,6—2,5$ a^2 мсек.

2. Взрывные машинки должны иметь пыле-, брызго-, влагонепроницаемое исполнение оболочки в соответствии с действующими нормами.

3. Машинки должны выдерживать испытание на тряску и вибрацию в течение 30 мин с ускорением до $g = 8$ и частотой 70—80 в минуту и на удары при пятикратном сбрасывании с высоты 1 м на войлочную пластинку толщиной 10 мм.

4. Взрывные машинки должны иметь встроенный пробник (омметр) для определения целостности (или сопротивления) взрывной цепи.

5. При конструировании взрывных машинок желательно соблюдение блочного принципа, допускающего ремонт машинок в соответствующих условиях (замена блоков заводского изготовления).

6. Включающее устройство взрывных машинок должно исключать возможность произвольного разряда во внешнюю цепь и допускать возможность подключения взрывной цепи до заряжания конденсатора.

7. Основные показатели взрывных машинок должны быть не ниже приводимых в табл. 136.

136. Характеристика взрывных машинок в зависимости от условий применения

Тип	Классы исполнения				Желательный оптимальный вес машинки, кг
	Для шахт, опасных по газу и пыли, класс А		Для нормальных условий (открытые работы и шахты, не опасные по газу и пыли) класс Б		
	Количество электродетонаторов, соединенных последовательно, шт.	Сопротивление внешней цепи, ом	Количество электродетонаторов, соединенных последовательно, шт.	Сопротивление внешней цепи, ом	
I	10	50	10	50	1,0
II	30	150	30	150	1,5
III	100	400	100	400	2,0
IV	—	—	300	1000	2,5
	В интервале температур от $+10$ до $+40^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 98%		В интервале температур от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 98%		

Примечание. Машинки класса А могут быть допущены к применению в нормальных условиях при обеспечении безотказной работы в интервале температур от $+50$ до -50°C при относительной влажности воздуха до 98%.

В области совершенствования взрывных работ главнейшими направлениями следует считать:

а) повсеместное применение короткозамедленного взрывания;

б) при ведении очистных работ в горнорудной промышленности — внедрение способа отбойки руды глубокими скважинами;

в) применение шпуров уменьшенного диаметра;

г) применение более прогрессивных типов врубов, в том числе с центральной скважиной;

д) внедрение в практику ведения взрывных работ механизированных способов зарядки шпуров и скважин;

е) внедрение механизированной забойки шпуров и скважин;

ж) изыскание новых более прогрессивных методов организации работ по зарядке шпуров и скважин и отбойке горной массы на очистных и подготовительных работах.

Для условий открытых горных работ следует выделить необходимость создания и внедрения в практику жидких взрывчатых веществ, а также литых и прессованных патронов из ВВ повышенной мощности и водоустойчивости в сочетании с гранулированными разновидностями.

Решающим условием резкого повышения эффективности взрывных работ на карьерах является разработка новых схем короткозамедленного взрывания, применение комбинированных зарядов из различных сортов ВВ, разработка новых конструкций зарядов с применением воздушных промежутков и др.

Большие перспективы сулит в будущем изыскание и освоение новых физических методов разрушения и дробления горных пород и руд: термического, электроволнового, ударноволнового, термомеханического, применение квантовых генераторов (лазеров), внутриядерной энергии, а

также использование физико-химических явлений для изменения свойств горных пород.

Из числа новых средств и принадлежностей взрывания для условий открытых разработок наряду с необходимостью разработки различных типов электродетонаторов короткозамедленного действия, детонирующего шнура и замедлителей для него перспективным является создание приборов для дистанционного взрывания и специальных детонаторов для этих условий (метод беспроводного взрывания).

Важным направлением в развитии открытых горных работ может оказаться изыскание и внедрение в практику новых систем отбойки горной массы уступами большой высоты (до 100 м и более) с применением для разрушения массива как обычных типов ВВ, так и других источников энергии.

Создание новых, более эффективных ВВ, средств и методов ведения взрывных работ позволит в значительной степени решить проблему комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в горнодобывающей промышленности с одновременным повышением производительности труда во всех основных звеньях технологического процесса добычи полезных ископаемых.

Временная инструкция по изготовлению и применению игданита для взрывания методом скважинных зарядов и для взрывания негабаритных кусков шпуровыми зарядами на открытых работах *

1. Игданит представляет собой смесь гранулированной аммиачной селитры, содержащей специальные добавки для предотвращения слеживаемости, с дизельным топливом (соляровым маслом).

Гранулы аммиачной селитры имеют сферическую форму неоднородного диаметра, колеблющегося в пределах от долей миллиметра до 4—5 мм. Гранулированная аммиачная селитра поставляется в четырех-пятислойных крафтцеллюлозных мешках.

2. В зимний период в связи с относительно высокой температурой застывания дизельного топлива марка его выбирается в зависимости от температуры наружного воздуха (табл. 1).

3. Оптимальное соотношение компонентов зависит от особенностей гранулированной аммиачной селитры, выпускаемой различными заводами, и принимается в размере, указанном в табл. 2.

По своей мощности игданит указанных составов соответствует аммониту № 9. При замене различных марок аммонита игданитом надлежит применять переходный коэффициент, на который следует умножить вес заряда, вычисленный для аммонита (табл. 3).

* Составители: канд. техн. наук Г. П. Демидюк, канд. техн. наук Л. Н. Марченко

Таблица 1

Температура наружного воздуха, °С	Рекомендуемая марка дизельного топлива	
	Наименование	ГОСТ
Выше 0°	Дизельное топливо Л	305—52
От 0 до —10°	Соляровое масло	1666—51
От —10 до —25°	Дизельное топливо З	305—52
Ниже —25°	Смесь 25% дизельного топлива Л и 75% керосина	305—52

Таблица 2

Наименование селитры	Наименование специальной добавки, содержащейся в селитре	Соотношение компонентов в весовых частях		Количество жидкой добавки на 100 кг аммиачной селитры, кг
		Аммиачная селитра	Жидкая добавка (дизельное топливо)	
Лисичанская	Фуксин	96	4	4,2
	Апатит	96	4	4,2
Новомосковская	Нитраты кальция	96	4	4,2
Днепродзержинская	Нитраты кальция и магния	95	5	5,3
Кемеровская	То же	95	5	5,3

Таблица 3

Наименование и марка заменяемого ВВ	Переходный коэффициент для нгданнта
Аммонит № 6	1,15
Аммонит № 9	1,00
Аммонит № 10	1,00

4. Гранулированная аммиачная селитра является гигроскопичной. При содержании влаги до 3—4% она не теряет сыпучести; увлажненная селитра в результате просушки слегка слеживается, но без спекания в твердые комки, и легко восстанавливает сыпучесть после нескольких ударов деревянным валиком по мешку.

Во избежание увлажнения гранулированную аммиачную селитру следует хранить в сухих помещениях на складе ВВ или в помещении для подготовки ВМ. Допускается совместное хранение аммиачной селитры в одном хранилище с аммонитом и прочими ВВ, отнесенными ко II группе по опасности хранения.

5. Гранулированная аммиачная селитра, предназначенная для изготовления игданита, приходится, учитывается и отпускается в соответствии с инструкцией о порядке хранения, использования и учета ВМ (приложение I к «Единым правилам безопасности при взрывных работах»).

6. Транспортирование гранулированной аммиачной селитры со склада предприятия до рабочей площадки уступа, на котором предусмотрено применение игданита, производится непосредственно в день взрыва. Перевозка может осуществляться гужевым, автомобильным и железнодорожным транспортом без специальной охраны, но в обязательном сопровождении взрывника, получившего селитру по наряду-путевке и находящегося в кузове.

7. Смешение гранулированной аммиачной селитры с жидкой добавкой может производиться одним из следующих трех способов:

а) предварительной заливкой дозированного количества жидкой добавки в мешок с аммиачной селитрой;

б) смешением селитры с жидкой добавкой в процессе введения их в скважину;

в) при помощи специального смесительного устройства, производящего засыпание аммиачной селитры в скважину с одновременным смачиванием высыпающейся селитры дозированным количеством жидкой добавки.

8. При смешении способами, указанными в пп. 7,а и 7,б, гранулированная аммиачная селитра не позже чем за час до начала заряжания доставляется на рабочую площадку уступа. Мешки с селитрой располагаются около каждой подлежащей заряданию скважины, в радиусе 3 м от нее, в количестве, предусмотренном предварительным расчетом для данной скважины.

Дизельное топливо (жидкая добавка) и сосуд для дозирования доставляются на рабочую площадку непосредственно к моменту начала заряжания. Дизельное топливо располагается отдельно от селитры, не ближе 5 м от нее.

9. В случае применения специального смесительного устройства (п. 7,в) аммиачная селитра в зависимости от конструкции устройства может загружаться в него на складе или у скважины. В последнем случае доставка селитры производится в соответствии с п. 8.

10. Смешение предварительной заливкой жидкой добавки в мешки с аммиачной селитрой производится на рабочей площадке уступа в следующем порядке:

а) заливание жидкой добавки в мешки производится за час до начала заряжания, равномерно по всей открытой поверхности селитры в мешке;

б) для возмещения потерь жидкой добавки (на впитывание крафтцеллюлозной оболочкой мешка и стенками зарядной скважины и на испарение) количество жидкой добавки увеличивается на 0,5—1,0%, т. е. для составов 96 и 4 частей на 100 кг аммиачной селитры добавляется 4,7—5,2 кг дизельного топлива (верхний предел при работе в горных породах, сильно впитывающих жидкую добавку).

11. При смешении непосредственно в процессе заряжания гранулированная аммиачная селитра высыпается из мешка в скважину и одновременно с этим в скважину выливается жидкая добавка в количестве, необходимом на один мешок.

При взрывании горных пород, сильно впитывающих дизельное топливо (соляровое масло), для компенсации его потерь количество жидкой добавки увеличивается на 0,3—0,5%, т. е. для составов 96 и 4 частей составит 4,5—4,7 кг жидкой добавки на 100 кг аммиачной селитры.

12. Специальные смесительные устройства предназначены как для транспортирования составных частей игданита, так и для смешения их в процессе заряжания скважин. Основные требования, предъявляемые к конструированию таких устройств, изложены в приложении 1 к данной инструкции.

13. Игданит не является водоустойчивым и может применяться для заряжания сухих скважин или сухой части обводненных скважин. Обводненная часть скважин заряжается водоустойчивыми сортами аммонита (например, аммонитом В-3, аммонитом № 6 ЖВ).

14. Взрывание зарядов игданита в скважинах производится при помощи промежуточного детонатора из аммонита, помещаемого в нижнюю часть скважины и инициируемого обычным способом — при помощи узла детонирующего шнура, опускаемого на забой скважины. Величина промежуточного детонатора принимается в размере 5—10% расчетного веса заряда даниой скважины.

В частично обводненных скважинах промежуточным детонатором служит водоустойчивый аммонит, размещаемый в мокрой части скважины.

15. В случае применения рассредоточенного заряда, состоящего из основного заряда, расположенного в нижней части скважины, и дополнительных зарядов, отделенных от основного и друг от друга инертной забойкой или воздушными промежутками, промежуточный детонатор помещается также в верхней части каждого дополнительного заряда в таком же кратном отношении к его весу.

16. Вес промежуточного детонатора включается в общий расчетный вес заряда. При вычислении веса заряда игданита необходимо определить вес заряда для аммонита, обычно применяемого на карьере (руднике), вычесть из него вес промежуточного детонатора и оставшийся вес умножить на переходный коэффициент для игданита (см. п. 3).

17. Забойка верхней части скважины выше заряда игданита производится так же, как и при зарядании аммонитом.

18. При взрывании негабаритных кусков игданит применяется для шпуровых зарядов диаметром не ниже 28 мм. При величине заряда до 500 г инициирование игданита в шпурах с нормальной забойкой производится при помощи капсуля-детонатора № 8 или электродетонатора № 8.

19. Во всем остальном при применении игданитов должны соблюдаться технические правила и «Единые правила безопасности при взрывных работах», установленные для аммиачно-селитренных ВВ.

Примечание к п. 4. Госгортехнадзор РСФСР письмом от 12 апреля 1960 г. разъяснил, что хранение гранулированной аммиачной селитры, предназначенной для изготовления игданитов, предусмотрено журнальным постановлением № 1/59 от 9 марта 1959 г. в хранилищах складов взрывчатых веществ в соответствии с их емкостью. Остальное количество селитры, привезенное на участок и не вмещающееся в храни-

лище склада ВМ, может временно храниться в обычном закрываемом помещении вне территории склада ВМ. По степени расхождения селитры периодически склад ВВ пополняется аммиачной селитрой из резервного склада.

Хранение гранулированной аммиачной селитры, предназначенной для использования в камерных зарядах, должно производиться в соответствии с требованиями § 234—237 «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Приложение 2

Основные требования, предъявляемые к передвижному агрегату, для заряжания игданитом глубоких скважин на открытых горных разработках

1. Игданит представляет собой двухкомпонентную смесь, состоящую из гранулированной аммиачной селитры и солярного масла (дизельного топлива), смешение которых производится непосредственно в процессе заряжания глубоких скважин.

2. Гранулированная аммиачная селитра представляет собой легко сыпучую массу гранул сферической формы, диаметр которых находится в пределах от долей миллиметра до 3—4 мм; угол естественного откоса гранулированной аммиачной селитры в насыпном виде колеблется в пределах 38—40°. Аммиачная селитра является окислителем, способствуя значительному коррозированию металла.

3. При работе в зимнее время с температурой наружного воздуха до -40°C незастывание горючей добавки и несмерзаемость смеси ее с гранулированной аммиачной селитрой обеспечивается применением соответствующей марки дизельного топлива или его смеси с керосином.

4. Передвижной агрегат предназначается для транспортирования компонентов в пределах предприятия и изготовления игданита в процессе заряжания им отвесных и наклонных (отклонение от вертикали до 30°) скважин диаметром 100—250 мм и глубиной до 25 м.

5. Ходовая часть должна обеспечить проходимость агрегата как по главным, так и по забойным дорогам. Этим условиям удовлетворяют обычные грузовые автомобили, используемые для карьерного транспорта.

6. Агрегат должен быть рассчитан на перевозку 4 т гранулированной аммиачной селитры и 0,3 т горючей добавки.

7. Агрегат должен обеспечивать правильную дозировку компонентов игданита. Дозировочное устройство для жидкой горючей добавки должно обеспечивать возможность регулирования подачи дизельного топлива в пределах от 2 до 7% веса аммиачной селитры. Точность дозировки горючей добавки $\pm 0,3\%$.

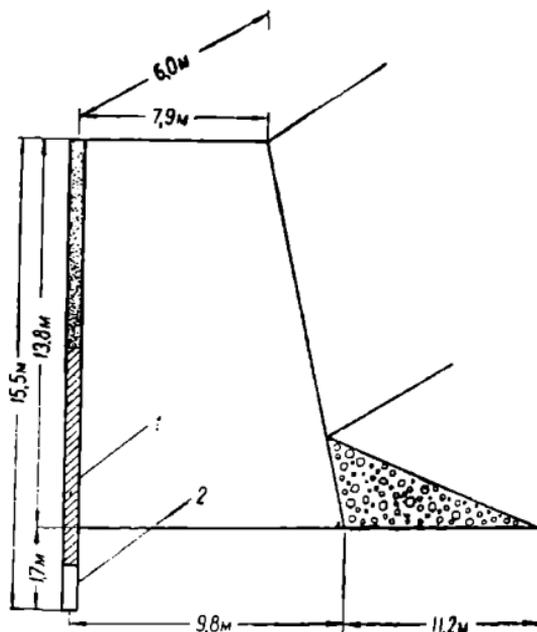


Рис. 98. Схема к пересчету заряда на игданит.

8. Дозировочное устройство должно обеспечивать точную подачу смеси в скважину в любом количестве (от 10 кг до 4 т с 10-килограммовой кратностью) и иметь счетное приспособление, фиксирующее количество игданита, введенного в скважину.

9. Смешение аммиачной селитры с жидкой горючей добавкой допускается как путем смачивания селитры, так и путем введения горючей добавки под давлением. Смешение допускается только в пределах тракта от сосуда, содержащего запас аммиачной селитры, до устья скважины.

10. Для введения игданита в скважину допустимо применение гибких рукавов, сообщающих агрегат со скважиной и исключающих пережимание смеси. Общая длина рукава 3 м, но может быть увеличена в случае подачи смеси в скважину под давлением.

11. Производительность агрегата должна составлять не менее 3 т игданита в час с учетом затрат времени на переходы от одной скважины к другой.

12. Конструкция агрегата не должна допускать возможности истирания аммиачной селитры и игданита между движущимися элементами агрегата.

13. Управление работой дозирочного и смесительного устройства должно осуществляться рабочим-взрывником, производящим зарядание и находящимся около заряжаемой скважины.

14. Дозировочное и смесительное устройства, а также элемент, соединяющий их со скважиной, должны допускать возможность периодической очистки (промывки).

Приложение 3

Пример пересчета веса заряда на игданит

Порода-известняк	$f = 9$	
Объем взрываемой породы . .	812 м ³	
Расчетный коэффициент . . .	0,4 кг/м ³	} Аммонит № 6
Расчетный вес заряда	320 кг	
Горизонт воды 1 м выше дна скважины		
Вместимость скважины:		
аммонита № 6	40 кг	
игданита	35 кг	
Переходный коэффициент для		
игданита	1,15	
Промежуточный детонатор . .	40 кг аммонита № 6ЖВ (рис. 98,2)	
Заменяется игданитом	320—40=280 кг (рис. 98,1)	
Пересчет на игданит	$280 \times 1,15 = 320$ кг	
Всего 40 кг аммонита № 6ЖВ и 320 кг игданита		

Приложение 4

Форма № 1

Наименование предприятия, которому принадлежит склад

СЕКРЕТНО

по заполнению для базисных складов

КНИГА

учета прихода и расхода взрывчатых материалов

на _____ 196 г.

Приложение 5

Форма № 2

Наименование предприятия, которому принадлежит склад

КНИГА

учета выдачи и возврата взрывчатых материалов

на _____ 196 г.

Л и т е р а т у р а

1. Акутин Г. К., Проведение выработок в мягких сжимаемых грунтах уплотнением их энергией взрыва, Издательство АН УССР, 1960.

2. Ассонов В. А., Докучаев М. М., Кукунов И. М., Буровзрывные работы, Госстройиздат, 1960.

3. Адамидзе Д. И., Средства беспламенного взрывания за рубежом, ЦИТИугля, 1962.

4. Ассонов В. А., Взрывные работы, Углетехиздат, 1958.

5. Ассонов В. А., Состояние техники взрывных работ в угольной промышленности Англии, Франции, Западной Германии, Бельгии и Голландии, ЦИТИугля, 1958.

6. Ахвердов Г. А., Манжула И. Т., Ваулин Д. И., Повышение эффективности буровзрывных работ при расположении патрона-боевика первым от забоя шпура, «Горный журнал», 1961, № 8.

7. Бахтин Б. Т., Вовк А. А., Майборода И. С., Производство взрывных работ на открытых разработках за рубежом, «Металлургическая и горнорудная промышленность», 1960, № 4.

8. Беляев М. И., Классификация врубов при подземных взрывных работах, «Горный журнал», 1939, № 4—5.

9. Васильев Г. А., Буровзрывные работы на карьерах, Госстройиздат, 1958.

10. Виноградов В. С., Отчет о командировке на горнорудные предприятия Лотарингского бассейна, ЦБТИ, Днепропетровск, 1960.

11. В о в к А. А., Применение простейших взрывчатых веществ на открытых работах за рубежом, Бюллетень цветной металлургии, 1959, № 19.

12. В о в к О. О., Проходження гірничих виробок вибуховим способом, Київ, Держтехвидав УРСР, 1958.

13. В о в к А. А., Черный Г. И., Новые взрывчатые вещества на рудниках скандинавских стран, Бюллетень цветной металлургии, 1960, № 13.

14. В о в к А. А., Совершенствование отбойки горных пород взрывом на железорудных карьерах Украины, Научные записки УкрНИИпроекта, выпуск шестой, Разрушение горных пород, 1961.

15. Временная инструкция по изготовлению и применению игданита для взрывания методом скважинных зарядов и для взрывания негабаритных кусков шпуровыми зарядами на открытых работах, ИГД АН СССР, М., 1959.

16. В о в к А. А., Майборода И. С., Добыча угля в Англии, «Уголь Украины», 1960, № 11.

17. В о в к А. А., Взрывник, Гостехиздат УССР, 1962.

18. Генералов Г. С., Буровзрывные работы на Южном горнообогатительном комбинате, «Металлургическая и горнорудная промышленность», 1960, № 6.

19. «Горный журнал», 1961, № 7.

20. Горное дело, Энциклопедический справочник, т. 4, 1958.

21. Гершгал Д. А., Ефремов Л. А. Взрывные машинки и измерительные приборы для электро взрывания, Гостехиздат, 1960.

22. Дубнов Л. В., Предохранительные ВВ в горной промышленности, Углетехиздат, 1953.

23. Зырянов Т. П., Тургамбаев Б. М. и др. Опыт применения системы принудительного этажного обрушения на Масляном руднике Зыряновского свинцового комбината, М., 1960.

24. Единые правила безопасности при взрывных работах, Металлургиздат, 1958.

25. Запара С. А., Буровзрывные работы на железорудных и флюсовых карьерах (по материалам межзаводской школы), М., 1961.

26. Косачев М. Н., О расчетных элементах камерных зарядов при массовых обрушениях, Промстройиздат, 1948.

27. Короткозамедленное взрывание при добыче полезных ископаемых, Гостехиздат УССР, 1961.

28. Мельников Н. В., Марченко Л. Н., Методы повышения коэффициента полезного использования энергии взрыва (рациональная конструкция заряда), М., 1960.

29. Магойченков М. А., Взрывные работы в угольных шахтах, Углетехиздат, 1956.

30. Мельников Н. В., Справочник инженера и техника по открытым горным работам, Углетехиздат, 1956.

31. Мельников Н. В., Марченко Л. Н., Повышение полезного использования энергии взрывчатых веществ путем изменения конструкции заряда, «Уголь», 1958, № 2

32. Мельников Н. В., Задачи горной науки и техники, «Горный журнал», 1962, № 1.

33. Малюта Д. И. и др., Многорядное короткозамедленное взрывание на карьере ЮГОК, «Горный журнал», 1960, № 1.

34. Миндели Э. О., Буровзрывные работы на шахтах Польской Народной Республики, Углетехиздат, 1957.

35. Марченко Л. Н., Максимова Е. П., Взрывчатые вещества и взрывные работы на угольных шахтах Чехословацкой Народной Республики, Углетехиздат, 1957.

36. Новожилов М. Г. и др., Пути повышения эффективности буровзрывных работ на Каракубских карьерах, «Горный журнал», 1961, № 7.

37. Никольский В. С., Тюрин М. А., Памятка для рабочих, занятых на подземных работах в угольных и сланцевых шахтах, Госгортехиздат, 1961.

38. Недин В. В., Ибраев Ш. И., Буровзрывные работы, Госгортехиздат, 1960.

39. Никольский В. С., Тюрин М. А., Памятка для рабочих угольных и сланцевых разрезов, Госгортехиздат, 1961.

40. Остроушко И. А. и др., Пневматическое зарядание взрывных скважин, «Горный журнал», 1958, № 3.

41. Оксанич И. Ф., Потапов А. И., Буровзрывные работы на карьере Южного горнообогатительного комбината, «Горный журнал», 1960, № 1.

42. Опытнo-промышленное внедрение дешевого взрывчатого вещества простейшего состава (игданита) на извест-

няковых карьерах Каракубского рудоуправления, ИГД АН СССР, М., 1959.

43. Остроушко И. А. и др., Опыт механизации взрывных работ на руднике «Молибден», ЦИИН-цветмет, 1960.

44. Сборник статей и материалов «Взрывчатые вещества простейшего состава (игданиты)», под ред. акад. Н. В. Мельникова и д. т. н. П. И. Барона, Госгортехиздат, 1960.

45. Петров Н. Г., Касаточкин А. В., Беспламенное взрывание, Углетехиздат, 1958.

46. Пинскер П. З., Взрывник при проходке вертикальных стволов шахт, Углетехиздат, 1954.

47. Покровский Г. И., Федоров И. С., Действие удара и взрыва в деформируемых средах, Госстройиздат, 1957.

48. Покровский Н. М., Проведение горных выработок, Углетехиздат, 1950.

49. Сборник научных статей НИГРИ, № 8, Госгортехиздат, 1961.

50. Справочник по промышленным взрывчатым материалам, Углетехиздат, 1958.

51. Гаранов П. Я., Буровзрывные работы, Углетехиздат, 1958.

52. Трофимов В. П., Вовк А. А., Взрывная отбойка угля с нагнетанием воды в скважину, «Уголь Украины», 1960, № 10.

53. Турута Н. У., Буровзрывные работы, Металлургиздат, 1954.

54. Шатилов В. А., Андриенко В. И., Панков В. В., Борьба с пылеобразованием предварительным увлажнением угольного массива, «Уголь Украины», 1960, № 6.

55. Кучерявый Ф. И., Друкованый М. Ф., Гаек Ю. В., Короткозамедленное взрывание на карьерах, Госгортехиздат, 1962.

56. Покровский Г. И., Теоретическое обоснование параметров взрывных работ, Сб. «Применение массовых взрывов в горной промышленности и строительстве», ГосИНТИ, 1960.

57. Кушнарев Д. М., Павлов В. П., Взрывчатые вещества простейшего состава, «Шахтное строительство», 1962, № 11,

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Предисловие	3
Общие сведения	5
Классификация горных пород	5
Взрывчатые материалы	46
Взрывчатые вещества	46
Понятие о взрыве и взрывчатых веществах	46
Кислородный баланс	48
Газообразные продукты взрыва, их состав и свойства	50
Детонация ВВ	56
Свойства взрывчатых веществ	59
Кумулятивное действие взрыва	62
Факторы, влияющие на скорость детонации	63
Классификация взрывчатых веществ	66
Взрывчатые вещества, допущенные к применению на взрывных работах	68
Предохранительные ВВ с содержанием нитроэфиров	86
Непредохранительные взрывчатые вещества	88
Взрывчатые вещества для открытых горных работ	113
Средства взрывания	131
Детонирующий шнур, его конструкция и свойства	153
Пиротехнические замедлители детонирующего шнура	155

Средства для зажигания огнепроводного шнура	157
Средства и принадлежности беспламенного взрывания	163
Краткие сведения о зарубежных взрывчатых материалах	172
Взрывные работы	209
Общие сведения	209
Действие взрыва в горной породе	225
Способы взрывания зарядов	238
Расчет шпуровых зарядов и их конструкция	279
Взрывание при проходке выработок	284
Взрывные работы при проходке вертикальных стволов шахт	284
Коэффициент использования шпуров, пути его повышения. Способы снижения переборов породы	294
Взрывные работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок	303
Производство взрывных работ при проведении выработок в шахтах, опасных по газу и пыли	326
Короткозамедленное взрывание при проходке горизонтальных и наклонных выработок	327
Правила безопасности при применении короткозамедленного взрывания	344
Проходка выработок в мягких породах с помощью взрыва удлиненного заряда	346
Организация взрывных работ при проходке выработок по сжимаемым породам уплотнением их энергией взрыва	353
Передовые методы организации взрывных работ при проходке вертикальных стволов	358
Опыт проходки вертикальных стволов за рубежом	362
Передовые методы организации взрывных работ при проходке горизонтальных и наклонных выработок	364
Взрывание при ведении очистных работ	374
Отбойка полезного ископаемого глубокими скважинами	375
Отбойка полезного ископаемого минными зарядами	391

Отбойка штанговыми шпурами	397
Отбойка руды методом шпуровых зарядов	399
Способы отбойки угля в лавах и на нарезных работах	402
Отбойка угля шпурами и скважинами, заполненными водой	405
Взрывание на открытых разработках	407
Общие сведения	407
Взрывание камерными зарядами	414
Взрывание скважинными зарядами	419
Организация взрывных работ	444
Испытания, хранение, учет, транспортирование и уничтожение взрывчатых материалов	444
Методы испытаний взрывчатых веществ	445
Учет и транспортирование ВМ	475
Обязанности взрывника, работающего в забое вертикальных стволов	477
Обязанности взрывника, работающего на проходке горизонтальных и наклонных выработок	481
Отпуск взрывника	483
Нормы спецодежды	483
Организация взрывных работ	486
Основные технические направления в развитии взрывных работ на предприятиях горнодобывающей промышленности	492
Приложения	509
Л и т е р а т у р а	520

Вовк Алексей Ануфриевич
Справочник взрывника

Редактор издательства *Г. П. Афонина*
Обложка художника *Шишкина Р. Ф.*
Технический редактор *Т. И. Розум*
Корректоры *В. С. Заколпская, А. В. Корчунова*

Сдано в набор 17.V. 1963 г. Подписано к печати 27.VIII. 1963 г.
Формат бумаги 70 × 90/32 Объем: 16,5 физич. лист., 19,3 условн.
лист., 18,42 учетно-издаг. лист. Тираж 4300. Зак. № 692. БФ 31151.
Цена 1 руб. 02 коп.

Государственное издательство технической литературы УССР
Киев, Пушкинская, 28

Напечатано с матриц Книжно-журнальной фабрики в Книж-
ной типографии № 3 Главполиграфиздата Министерства куль-
туры УССР. Киев, Золотоворотская, 11.

—