

УДК 662
ББК 35.51;31.35
М33

РЕЦЕНЗЕНТ:

генерал-майор *Внутренних Войск МВД РФ*
Никитин В.П.

Матвейчук В.В., Чурсалов В.П.
М33 Взрывные работы: Учебное пособие. — М.: Академический Проект, 2002. — 384 с. — (Серия «Gau-deamus»).

ISBN 5-8291-0261-7

Впервые за последнее десятилетие приведены сведения о современных взрывчатых веществах, зарядах и контрольно-измерительных приборах, зарядно-транспортных и смесительных установках, способах и средствах их применения.

Представлены расчеты и технология использования взрывчатых веществ в практических целях.

Книга рекомендуется студентам горно-геологических специальностей, а также слушателям и курсантам военных учебных заведений, т. к. в книге изложен практически материал боевых действий в горячих точках.

УДК 662
ББК 35,51;31,35

© Матвейчук В.В., 2002
© Чурсалов В.П., 2002
© Академический Проект, оригинал-макет, оформление, 2002

ISBN 5-8291-0261-7

Чурсалов Владимир Петрович



Родился: март 1949 г., г. Владикавказ

Окончил: ВУ им. С.М. Кирова в 1969 г.

Служил: в ОМСДОН г. Москвы (дивизия им. Дзержинского — отдельная, мотострелковая особого назначения) — ком. взвода, роты

Окончил: Академию им. Фрунзе в 1978 г.

Служил: Командиром части с 1978 по 1983 г.

Командиром полка 1983 — 1987 гг.

Начальником отдела управления частей ВВ ГУКВВ
1987 — 1995 гг.

Участие в боевых действиях: Карабах, Баку, Фергана, Цхинвале, Северная Осетия, Ингушетия, Армения, Чечня

Награжден: медалью «За боевые заслуги», орденом «Красной Звезды», орденом за службу в Вооруженных Силах СССР «III степени»

- С 1998 г. — Председатель Общероссийской общественной организации инвалидов *Внутренних Войск МВД РФ*
- С 2000 г. — начальник управления Полномочного представителя Президента РФ в Центральном Федеральном округе
- Указом Президента РФ от 23 апреля 2001 г. №466 присвоен квалифицированный разряд Федерального государственного служащего Администрации Президента РФ
- Действительный Государственный Советник РФ III класса

МАТВЕЙЧУК ВАЛЕРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ



Родился: апрель 1948 г., г. Москва

Имеет высшее техническое и юридическое образование

Награжден: медалью «За ратную доблесть»

В 1971 г. окончил Московскую среднюю специальную школу МВД СССР

- С 1971 г. служил на офицерских должностях в МВД СССР
- С 1980 г. — начальник Московского Областного узла Специальной связи
- С 1989 г. — заместитель директора «Инженерно Технического Центра Силовых Импульсных Систем»
- С 1996 г. — проректор Московской Государственной Геологоразведочной Академии им. Серго Орджоникидзе
- С 2001 г. — директор по защите информации и безопасности Концерна «Би — Газ — Си»
- С 2002 г. — начальник управления Межрегионального Комитета экономической защиты ИВВ МВД РФ
- Доктор технических наук, профессор

Предисловие

В настоящее время взрывные работы нашли широкое применение в военном деле и народно-хозяйственных комплексах, на базе существующей промышленности и научных разработок превратились в отрасль государственного значения.

Для их изучения и исследования применяются сложные приборы, используются новейшие достижения физики, физико-химическая методология, аналитические анализы и разработки прикладной математики.

В данной науке существует целый ряд закономерностей, вывести и определить которые, оперируя только знаниями, взятыми из смежных научных областей, весьма проблематично.

Поэтому современное взрывное дело следует рассматривать как индивидуальную и самостоятельную отрасль знаний, требующую отдельной научной исследовательской разработки и достаточного количества учебной и исследовательской литературы.

Используя материалы, расчеты и экспериментально полученные формулы и сведения, изложенные в книге, специалист имеет возможность обеспечивать принятие оптимального практического решения при использовании взрывчатых веществ и взрывчатых материалов.

Впервые за последние годы в книге собраны сведения о современных взрывчатых веществах, контрольно-измерительных приборах, зарядно-транспортных и смесительных установках, способах и средствах их применения.

В книгу введен новый раздел «Расчеты динамических процессов при взрывных работах», при изложении которого используются материалы российских ученых и указывается их приоритет в роли развития данной науки.

Расчеты динамических процессов позволяют использовать в практических условиях полученные знания и добиваться результатов в минимальные сроки.

Современная литература по взрывным работам описывает лишь очень ограниченное число наименований используемых взрывчатых веществ и взрывчатых материалов. В связи с изменением политического и социально-экономического положения страны данный вопрос требует доработки.

Диапазон знаний, используемых специалистами взрывного дела, в настоящее время очень велик: необходимо иметь объем знаний в смежных отраслях — химии, химических и физических свойств горения, термодинамических процессах, химии органических и минеральных солей, порошковой металлургии, химических смол и полиэтиленовых концентратов, химии высокотермических реакций.

Авторам удалось создать книгу, дающую ответы на многие из поставленных вопросов и явля-

ющую справочником для специалистов военных ведомств и народного хозяйства.

Достоверность и обоснованность научных положений и рекомендаций, приведенных в издании, подтверждается:

- Удовлетворительной сходимостью полученных результатов научных положений и рекомендаций, приведенных в исследовании процессов.
- Применением комплексного метода исследований, включающего анализ современной отечественной и зарубежной практики.

Генерал-майор Внутренних Войск МВД РФ
В.П. Никитин

ВРИЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- ВВ** — взрывчатые вещества
СВ — средства взрывания
ВМ — взрывчатые материалы
КЗВ — короткозамедленное взрывание
ДШ — детонирующий шнур
ОШ — огнепроводный шнур
КД — капсуль-детонатор
ЭД — электродетонатор
ЭДКЗ — электродетонатор короткозамедленного действия
ЭДЗД — электродетонатор замедленного действия
КЗДШ — пиротехническое реле для короткозамедленного взрывания детонирующего шнура
КИШ — коэффициент использования шнура
ЛНС — линия наименьшего сопротивления
СПП — сопротивление по подошве уступа
ЕПБ — Единые правила безопасности при взрывных работах
СНиП — Строительные нормы и правила

Часть 1

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Взрывчатые вещества (ВВ) — это химические соединения или смеси веществ, способные в определенных условиях к крайне быстрому (взрывному) самораспространяющемуся химическому превращению с выделением тепла и образованием газообразных продуктов.

Взрывчатыми могут быть вещества или смеси любого агрегатного состояния. Широкое применение в горном деле получили так называемые конденсированные ВВ, которые характеризуются высокой объемной концентрацией тепловой энергии. В отличие от обычных топлив, требующих для своего горения поступления извне газообразного кислорода, такие ВВ выделяют тепло в результате внутримолекулярных процессов распада или реакций взаимодействия между составными частями смеси, продуктами их разложения или газификации, специфический характер выделения тепловой энергии и преобразования ее в кинетическую энергию продуктов взрыва и энергию ударной волны определяет основную область применения ВВ как средства дробления и разрушения твердых сред и сооружений и перемещения раздробленной массы.

В зависимости от характера внешнего воздействия химическое разрушение ВВ происходит: при нагреве ниже температуры самовоспламенения (вспышки) — сравнительно медленное термическое разложение; при поджигании — горение с перемещением зоны реакции (пламени) по веществу с постоянной скоростью порядка 0,1 — 10 см/с; при ударно-волновом воздействии — **гетонация взрывчатых веществ.**

Классификация ВВ. Имеется несколько признаков классификации ВВ: по основным формам превращения,

назначению и химическому составу. В зависимости от характера превращения в условиях эксплуатации ВВ подразделяют на метательные (или пороха) и бризантные. Первые используют в режиме горения, например, в огнестрельном оружии и ракетных двигателях, вторые — в режиме детонации, например, в боеприпасах и на взрывных работах. Бризантные ВВ, применяемые в промышленности, называются **промышленными взрывчатыми веществами**. Обычно к собственно взрывчатым относят только бризантные ВВ. В химическом отношении перечисленные классы могут комплектоваться одними и теми же соединениями и веществами, но по-разному обработанными или взятыми при смешении в разном соотношении.

По восприимчивости к внешним воздействиям ВВ подразделяют на первичные и вторичные. К первичным относят ВВ, способные взрываться в небольшой массе при поджигании (быстрый переход горения в детонацию). Они также значительно более чувствительны к механическим воздействиям, чем вторичные. Детонацию вторичных ВВ легче вызвать (инициировать) ударно-волновым воздействием, причем давление в инициирующей ударной волне должно быть порядка нескольких тысяч или десятков тысяч мПа. Практически это осуществляют с помощью небольших масс первичных ВВ, помещенных в капсуль-детонатор, детонация в которых возбуждается от луча огня и контактно передается вторичному ВВ. Поэтому первичные ВВ называют также инициирующими. Другие виды внешнего воздействия (поджигание, искра, удар, трение) лишь в особых и труднорегулируемых условиях приводят к детонации вторичных ВВ. По этой причине широкое и целенаправленное использование бризантных ВВ в режиме детонации в гражданской и военной взрывной технике было начато лишь после изобретения капсуля-детонатора как средства инициирования детонации во вторичных ВВ.

По химическому составу ВВ подразделяют на индивидуальные соединения и взрывчатые смеси. В первых химических превращениях при взрыве происходят в форме реакции мономолекулярного распада. Конечные продукты — устойчивые газообразные соединения, такие как азот, окись и двуокись углерода, пары воды.

Во взрывчатых смесях процесс превращения состоит из двух стадий: распада или газификации компонентов смеси и взаимодействия продуктов распада (газификации) между собой или с частицами неразлагающихся (например, металлов). Наиболее распространенные вторичные индивидуальные ВВ относятся к азотсодержащим ароматическим, алифатическим и гетероциклическим органическим соединениям, в том числе нитросоединениям (тротил, тетрил, нитрометан), нитроаминам (гексоген, октоген), нитроэфирам (нитроглицерин, нитрогликоли, нитроклетчатка, тэн). Из неорганических соединений слабыми взрывчатыми свойствами обладает аммиачная селитра.

В смеси обоих типов, кроме указанных компонентов, в зависимости от назначения ВВ могут вводиться и другие вещества для придания ВВ каких-либо эксплуатационных свойств, например сенсibilизаторы, повышающие восприимчивость к средствам инициирования, или, напротив, флегматизаторы, снижающие чувствительность к внешним воздействиям; гидрофобные добавки — для придания ВВ водостойкости; пластификаторы, соли-пламегасители — для придания предохранительных свойств.

Основные эксплуатационные характеристики ВВ (детонационные и энергетические характеристики и физико-химические свойства ВВ) зависят от рецептурного состава ВВ и технологии изготовления.

Детонационные характеристики ВВ включают детонационную способность и восприимчивость к детонационному импульсу. От них зависят безотказность и надежность взрывания. Для каждого ВВ при данной плотности имеется такой критический диаметр заряда, при котором детонация устойчиво распространяется по всей длине заряда. Мерой восприимчивости ВВ к детонационному импульсу служат критическое давление инициирующей волны и время его действия, т.е. величина минимально инициирующего импульса. Ее часто выражают в единицах массы какого-либо инициирующего ВВ или вторичного ВВ с известными параметрами детонации. Детонация возбуждается не только при контактном подрыве инициирующего заряда. Она может передаваться и через инертные среды. Это имеет большое значение для шпуровых зарядов, состоящих

из нескольких патронов, между которыми возникают перемины из инертных материалов. Поэтому для патронированных ВВ проверяется показатель передачи детонации на расстояние через различные среды (обычно через воздух).

Многообразие взрывчатых смесей может быть сведено к двум основным типам: состоящие из окислителей и горючих, и смеси, в которых сочетание компонентов определяет эксплуатационными или технологическими качества смеси. Смеси окислитель-горючее рассчитаны на то, что значительная часть тепловой энергии выделяется при взрыве в результате вторичных реакций окисления. В качестве компонентов этих смесей могут быть как взрывчатые, так и невзрывчатые соединения. Окислители, как правило, при разложении выделяют свободный кислород, который необходим для окисления (с выделением тепла) горючих веществ или продуктов их разложения (газофикации). В некоторых смесях (например, содержащих в качестве горючего металлические порошки) в качестве окислителей могут быть также использованы вещества, выделяющие не кислород, а кислородосодержащие соединения (пары воды, углекислый газ). Эти газы реагируют с металлами с выделением тепла. Пример такой смеси — алюмотол. В качестве горючих применяют различного рода природные и синтетические органические вещества, которые при взрыве выделяют продукты неполного окисления (окись углерода) или горючие газы (водород, метан) и твердые вещества (сажу). Наиболее распространенным видом бризантных взрывчатых смесей первого типа являются ВВ, содержащие в качестве окислителя нитрат аммония. В зависимости от вида горючего они, в свою очередь, подразделяются на аммониты, аммоголы и аммоналы. Менее распространены хлоратные и перхлоратные ВВ, в состав которых в качестве окислителей входят хлорат калия и перхлорат аммония, оксидквирты — смеси жидкого кислорода с пористым органическим поглотителем, смеси на основе других жидких окислителей. К взрывчатым смесям второго типа относятся смеси индивидуальных ВВ, например динамиты; смеси тротила с гексогеном или тэном (пентолит), наиболее пригодные для изготовления шашек-детонаторов.

Энергетические характеристики ВВ. Способность ВВ при взрыве производить механическую работу определяется запасом энергии, высвобождаемой в виде тепла при взрывчатом превращении. Численно эта величина равна разности между теплотой образования (энтальпией) самого ВВ. Поэтому коэффициент преобразования тепловой энергии в работу у металлосодержащих и предохранительных ВВ, образующих при взрыве твердые продукты (окислы металлов, соли-пламегасители) с высокой теплоемкостью, ниже, чем у ВВ, образующих только газообразные продукты.

Изменение свойств ВВ может происходить в результате физико-химических процессов, влияния температуры, влажности, под воздействием нестойких примесей в составе ВВ. В зависимости от вида укупорки устанавливают гарантийный срок хранения или использования ВВ, в течение которого нормированные показатели ВВ либо не должны изменяться, либо их изменение происходит в пределах установленного допуска.

Основной показатель безопасности в обращении с ВВ — их чувствительности к механическим и тепловым воздействиям. Она обычно оценивается экспериментально и в лабораторных условиях по специальным методикам. В связи с массовым внедрением механизированных способов перемещения больших масс сыпучих ВВ к ним предъявляются требования минимальной электризации и низкой чувствительности к разряду статического электричества.

1.1. Промышленные взрывчатые вещества

Промышленные взрывчатые вещества выпускают в патронах, пакетах, мешках, специальных контейнерах, ящиках, каждый из которых отличается цветом оболочек патронов и диагональных полос на ящиках, мешках, контейнерах.

Патроны ВВ имеют обычно цилиндрическую форму. В качестве оболочки применяется пропитанная парафином бумага. Диаметр и масса патронов принимаются в зависимости от диаметра шпуров или скважин. Для удобства транспортировки и хранения пат-

роны упаковывают в пачки, а затем укладывают в деревянные ящики.

Для льющихся ВВ в качестве оболочки могут быть использованы полиэтиленовые ампулы.

Допускаются к применению на горных и геологоразведочных работах лишь те промышленные ВВ, на которые имеются ГОСТы или утвержденные в установленном порядке технические условия.

Промышленные ВВ должны обладать пониженной чувствительностью к внешним воздействиям, быть безопасными в обращении, транспортировании и хранении, иметь относительно невысокую стоимость, не должны оказывать вредного влияния на организм человека. Вместе с тем, промышленные ВВ должны обладать достаточной мощностью, безотказно детонировать от современных средств инициирования, обеспечивать устойчивую детонацию по всей массе ВВ, сохранять свои свойства в течение гарантийного срока хранения, а также длительного нахождения в зарядных емкостях.

Промышленные ВВ должны быть пригодными к механизированному заряданию и обладать достаточно высокой водостойкостью на случай их применения в обводненных скважинах.

Многообразие условий применения и технических требований к промышленным ВВ вызвали необходимость иметь широкий их ассортимент, насчитывающий десятки наименований.

1.2. Классификация промышленных взрывчатых веществ

Промышленные ВВ классифицируют по ряду признаков: по характеру воздействия на окружающую среду, агрегатному состоянию, химическому составу, условиям применения, степени опасности при хранении и транспортировке и т.д.

По характеру воздействия на окружающую среду промышленные ВВ условно подразделяют на высоkobризантные ВВ (скорость детонации $V = 4500 - 7000$ м/с), бризантные ($V = 3000 - 4500$ м/с), низkobризантные ($V = 2000 - 3000$ м/с) и метательные — пороха (скорость взрывного горения $100 - 400$ м/с).

По агрегатному состоянию промышленные ВВ классифицируют на порошкообразные, гранулированные, прессованные, литые, водосодержащие (льющияся).

По химическому составу промышленные ВВ разделяют на аммиачно-селитренные, нитропроизводные и их сплавы, ВВ на основе жидких эфиров и пороха. Последние, в основном, используются при отбойке штучного камня.

Следует отметить, что по химическому составу промышленные ВВ подразделяют на индивидуальные химические соединения и смеси, обладающие взрывчатыми свойствами. Индивидуальные ВВ по экономическим соображениям, а также из-за высокой чувствительности многих из них используют преимущественно как компоненты смесевых ВВ и для изготовления средств инициирования.

Промышленные ВВ по условиям применения подразделяются на восемь классов (табл. 1.1).

Таблица 1.1.

Классификация промышленных взрывчатых веществ

Класс ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или оболочек патронов (пачек)
1	2	3
I	Непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности	Белый
II	Предохранительные ВВ для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах	Красный
III-VII	Предохранительные ВВ для взрывания в забоях подземных выработок, опасных по газу и пыли	Синий, желтый
Спец. (С)	Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них, предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли	

Окончание таблицы 1.1.

1	2	3
Спец. (С)	Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных и сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для заоткости уступов; разрушение мерзлых грунтов; взрывное дробление негабаритных кусков породы; сейсморазведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров и другие специальные работы	Белый
	Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков породы; контурное взрывание и другие специальные работы	Красный
	Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах	Черный
	Взрывные работы на серных, нефтяных и других шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов	Зеленый

По степени опасности при хранении и перевозке промышленные ВВ разделяются на пять групп, к каждой из которых предъявляются свои требования по безопасности при хранении и перевозке:

- I группа — ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15 %, нефлегматизированный гексоген, тетрил;
- II группа — аммиачно-селитренные ВВ, тротил и сплавы его с другими нитро-соединениями, ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15 %, флегматизированный гексоген, детонирующий шнур;
- III группа — пороха дымные и бездымные;
- IV группа — детонаторы, пиротехнические замедлители;
- V группа — перфораторные заряды и снаряды с установленными в них взрывателями.

1.3. Индивидуальные химические соединения

Наиболее известными взрывчатыми соединениями, применяемыми в чистом виде или для приготовления взрывчатых смесей, являются: нитроглицерин,

нитроглицоль, тэн, тротил, гексоген, динитронаталин, тенерес, азид свинца, гремучая ртуть и другие. Они относятся соответственно к следующим классам химических соединений: азотно-кислым эфирам спиртов, нитросоединениям, солям азотисто-водородной и гремучей кислот.

Большинство из перечисленных взрывчатых химических соединений используются в качестве компонентов смесевых промышленных ВВ. В чистом виде в качестве промышленного ВВ применяют тротил. Тэн, гексоген, тенерес, гремучая ртуть и азид свинца широко применяются в качестве инициирующих ВВ.

Тротил широко используют в качестве компонента смесевых промышленных ВВ, а также в чистом виде. Содержание тротила в смесевых ВВ изменяется от 5 до 70 %. Он входит в состав аммиачно-селитренных ВВ в качестве сенсibilизатора и активной горючей добавки.

Тротил имеет резко отрицательный кислородный баланс (– 74 %). При его взрыве выделяется мало газообразных продуктов и значительное количество твердых продуктов (сажа), водоустойчив.

Гранулированный тротил называют *гранулотолом*. Гранулированную смесь тротила с порошком алюминия называют *алюмотолом*. Он выпускается в виде гранул диаметром 5 мм. Алюмотол применяется только в водонаполненном состоянии при взрывных работах в крепких породах.

1.4. Пороха

Порохами называют ВВ, способные в определенных условиях к взрывному горению и детонации.

Пороха представляют собой твердые многокомпонентные системы, содержащие горючие вещества и окислители. Вид и мощность начального импульса оказывают существенное влияние на начальную скорость взрывчатого разложения порохов.

Во взрывном деле находят применение дымный и бездымный пороха. В горной промышленности применяют специально выпускаемый для горных работ так называемый минный порох, который является разновидностью дымного пороха, он представляет собой

зернистую массу: величина зерна крупного пороха 3—8,5 мм, мелкого — 1,5—3 мм. Плотность действительная 1,6—1,75 г/см³, насыпная 0,9—1,0 г/см³.

Дымный порох состоит из калиевой селитры; древесного угля и серы. Он гидроскопичен, чрезвычайно чувствителен к огню, является опасным в обращении ВВ. Дымный порох разлагается в форме взрывного горения со скоростью до 400 м/с. Его взрыв воздействует на среду менее жестко, чем взрыв бризантного ВВ. Поэтому его применяют при добыче штучного камня и в тех случаях, когда требуется обеспечить минимальное нарушение отбиваемого массива, а также для изготовления огнепроводных шнуров. В последних опасность пороха значительно снижается за счет тканевой оболочки.

Бездымными порохами называются ВВ, изготовленные из нитратов целлюлозы с различным содержанием азота путем растворения их во взрывчатых и невзрывчатых растворителях. В состав этих порохов вводятся пламегасящие добавки, отчего при использовании не видно пламени и дыма.

Различают пироксилиновые и нитроглицериновые пороха. Первые получают обработкой нитрата целлюлозы летучим растворителем, а вторые — слаболетучим нитроглицерином. Выпускаются такие пороха в виде элементов различных форм и размеров. Бездымные пороха чувствительны к механическим воздействиям и огню. Высокий детонационной способностью обладают пироксилиновые пороха, особенно в воде. Нитроглицериновые пороха детонируют в воде хуже.

Бездымные пороха в зависимости от состояния, условий взрыва и вида начального импульса способны к горению или детонации. Скорость детонации 3500—8000 м/с. Температура вспышки 180—200 °С. Они в основном водоустойчивы, поэтому их используют при взрывах на выброс в обводненных породах средней крепости. Бездымные пороха имеют специальную маркировку. Их цвет зависит от состава и режима приготовления. При хранении пороха медленно разлагаются с выделением эфиров азота, способны к экссудации и электризации.

Нитроглицериновые пороха, полученные при пластикации коллоксилина (разновидность нитроцеллюло-

зы), называются баллиститамии. Пороха, полученные при пластификации высокоазотной нитроцеллюлозы нитроглицерином и спиртоэфирной смесью, называют кордитами.

1.5. Смесевые взрывчатые вещества

В настоящее время на горных и геологоразведочных работах наибольшее распространение получили взрывчатые вещества, основной частью которых является аммиачная селитра. Это объясняется, прежде всего, доступностью исходного сырья, а также простотой и безопасностью технологии получения и переработки аммиачной селитры.

Следует отметить, что аммиачную селитру можно применять как самостоятельное примышленное ВВ, однако очень ограниченно, так как она обладает низкими детонационной способностью и чувствительностью к начальному импульсу, малой удельной энергией взрыва и высоким содержанием вредных газов (оксидов азота) в продуктах взрыва. Ее иногда применяют в комбинированных зарядах большого диаметра при взрывании на открытых разработках.

Аммиачно-селитренные ВВ представляют собой механические смеси с другим ВВ или с горючими невзрывчатыми материалами. Во взрывчатых веществах этой группы аммиачная селитра выполняет роль окислителя. Аммиачно-селитренные ВВ безопасны в обращении, поддаются различным видам технологической обработки, имеют сравнительно низкую стоимость.

Рассмотрим наиболее широко применяемые **аммиачно-селитренные ВВ**.

Аммониты — самые распространенные аммиачно-селитренные ВВ, представляющие собой порошкообразные смеси аммиачной селитры с тротилом (реже гексогеном, динитронафталином) и невзрывчатыми горючими компонентами. Соотношение компонентов взрывчатой смеси подбирается с таким расчетом, чтобы кислородный баланс аммонитов был близок к нулевому, а поэтому аммониты применяются как на открытых, так и подземных горных работах. Аммониты делятся на обычные и предохранительные. Последние

содержат в своем составе пламегасители — хлориды щелочных металлов и имеют индекс АП.

С целью повышения водоустойчивости аммонитов, т.е. способности их сохранять взрывчатые свойства при погружении в воду, используют водоустойчивую селитру марок ЖВ и ЖВФ, аммониты не теряют своих взрывчатых свойств в течение нескольких часов, хотя плохо потопляются. Водоустойчивые аммониты имеют индекс ЖВ. Наиболее распространенными ВВ этой группы является аммонит №6 ЖВ, который довольно часто используется в качестве эталона при сравнительной оценке ВВ.

Аммониты чувствительны к капсюль-детонатору и характеризуются достаточно высокими взрывчатыми свойствами. По работоспособности они превосходят тротил.

Аммониты выпускаются в бумажных патронах диаметром от 28 до 90 мм и массой от 150 г до 3 кг. Менее чувствительный аммонит №6 ЖВ изготавливается также в виде порошка, упакованного в бумажные мешки или полиэтиленовые мягкие рукава (оболочки) диаметром 90 мм и в полужестких оболочках диаметром 175 и 225 мм для зарядания обводненных скважин.

Аммоналы — смеси порошкообразной аммиачной селитры и тротила с металлической горючей добавкой — алюминиевой пудрой. Аммоналы в гранулированном состоянии называются граммоналами.

Аммоналы по свойствам близки к аммонитам, применяются на подземных работах. Выпускаются россыпью и в патронах диаметром от 32 до 120 мм.

Акватолы — водосодержащие суспензионные ВВ текучей консистенции, твердой фазой которых является граммонит или граммонал, а жидкой — насыщенный загущенный раствор аммиачной селитры. Акватолы предназначены для применения на открытых горных работах и не допускаются к применению в подземных условиях, так как выделяют при взрыве большое количество ядовитых газов из-за отрицательного кислородного баланса.

Ранее эти составы были известны под названием иффзанитов. Наибольшее распространение получил акватол Т-20, содержащий около 20 % гранулолита и такое же количество воды в жидкой фазе. Он предназ-

начен для сухих и обводненных скважин. Имеется несколько модификаций этого ВВ.

Акванал и акванит — водосодержащие, горячелюющие ВВ, отвердевающие при остывании в скважинах. Акванит содержит алюминиевый порошок (или силикоалюминий) и представляет собой смесь металлизированной сухой фазы с насыщенным водным раствором аммиачной селитры. Акванал предназначен для применения на земной поверхности.

Акванит, состоящий из смеси аммиачной селитры, алюминиевого порошка и водорастворимого загустителя, изготавливается по эмульсионной технологии и выпускается в виде гранул.

Граммониты — смеси гранулированной аммиачной селитры и тротила. Наиболее широкое применение нашел граммонит 79/21. Он представляет собой механическую смесь гранулированной аммиачной селитры с чешуйчатым тротилом. По детонационной способности граммонит 79/21 превосходит гранулированные ВВ простейшего состава, но уступает порошкообразным аммонитам. Граммонит 79/21 применяют на открытых и подземных горных работах. Он сохраняет детонационную способность при содержании воды 20 %, а при содержании около 10 % его взрывное действие даже несколько выше, чем в сухом состоянии благодаря повышению плотности заряда. При подземных работах влажность ВВ не более 5 %.

Граммониты выпускают россыпью, в бумажных и полиэтиленовых мешках.

Детониты — порошкообразные ВВ (с увеличенным содержанием нитроэфиров, приближаются к пластичным) — относятся к непредохранительным ВВ. Они состоят из аммиачной селитры, тротила, 5–10 % алюминиевой пудры и 6–15 % нитроэфира. Патроны детонита имеют плотность 1,15–1,20 г/см³, что обеспечивает получение при взрывании высокого качества дробления массива горных пород.

При работе с детонитами необходимо соблюдать осторожность, защищая руки от действия нитроэфиров, не допуская просыпания ВВ из пачек и патронов. Применение детонитов (например, детонит М), несмотря на их сравнительно высокую стоимость, весьма эффективно и экономически выгодно при взрывании крепких пород.

Динамоны — смеси аммиачной селитры с невзрывчатыми жидкими или твердыми горючими добавками (соляровое масло, древесная мука, сажа, алюминиевая пудра и т.д.) Динамоны в гранулированном состоянии называются *гранулитами*. К динамонам по принципу построения рецептуры относят *игданиты* — простейшие ВВ, изготавливаемые непосредственно на местах работы и состоящие из гранулированной (или чешуйчатой) аммиачной селитры, пропитанной небольшим количеством жидкого горючего (солярового масла или дизельного топлива). Жидкое горючее тонкой пленкой покрывает гранулы аммиачной селитры, повышая чувствительность и мощность ВВ. При определенных соотношениях аммиачной селитры и дизельного топлива можно получить игданит с нулевым кислородным балансом. Приготавливают игданит заливая соляровое масло и мешки с аммиачной селитрой или смешивая селитру с жидкой добавкой в процессе засыпки в скважины, а также с помощью специального зарядного агрегата. Игданиты самые дешевые из всех применяемых в горной промышленности и пригодны для механизированного заряжения. Взрывчатые свойства игданитов уступают свойствам аммонитов.

Широкое применение в сухих и слабо обводненных забоях на открытых и подземных горных работах в шахтах и рудниках и рудниках, не опасных по взрыву газа и пыли, нашли простейшие ВВ — гранулит АК, АС. Они практически не слеживаются, сыпучи, хорошо транспортируются по трубам. Как и игданит характеризуются малой чувствительностью к механическим воздействиям.

Следует отметить, что простейшие гранулированные ВВ получили применение во многих странах.

Карбато́лы — горячельющиеся ВВ, густые, текучие при температуре выше 50 °С суспензии, отвердевающие при остывании в скважине. Они характеризуются высокой плотностью, в их состав вводится 3–5 % воды для образования раствора. Нашли применение карбато́лы марок ГА-15Т и ФТ-10. Они могут находиться в скважинах с непроточной водой продолжительное время (до 30 суток). Карбато́лы практически нечувствительны к механическим воздействиям. Изготавливаются на месте применения из отдельных компонентов.

В 60-х годах за рубежом появился новый тип водосодержащих ВВ, основанный на эмульсиях типа «вода в масле».

Все эмульсионные ВВ состоят в основном из водного раствора аммиачной селитры (иногда с добавкой нитрата натрия или кальция) и жидкого нефтепродукта (минеральные масла, дизельное топливо и т.п.) Раствор окислителя, нагретый до 60–90 °С, диспергируют и эмульгируют добавкой небольшого количества эмульгатора в жидком нефтепродукте так, чтобы каждая сферическая микро капелька раствора была покрыта тонкой его пленкой, предохраняющей от контакта с водой при зарядании в обводненных скважинах. Охлажденной ВВ сохраняет пластичность и при отрицательных температурах, если при изготовлении был использован нефтепродукт с низкой температурой застывания.

Наиболее распространенным способ сенсibilизации эмульсионных водосодержащих ВВ является введение в их состав полых или пористых микросфер из стекла или порошка перлита. Такие эмульсионные водосодержащие ВВ имеют плотность 1,15–1,27 г/см³ и теплоту взрыва 2930–3350 кДж/кг. При необходимости повысить теплоту взрыва вводят соответствующее количество алюминиевого порошка.

Эмульсионные водосодержащие ВВ дешевле суспензионных и в настоящее время им уделяют много внимания.

Одним из эмульсионных ВВ, допущенных к применению на открытых работах, является *порэмиты*.

Порэмит — эмульсионное ВВ, изготавливаемое на стационарных пунктах. Состоит из эмульсии и газогенерирующей добавки, водного раствора нитрата натрия. В состав эмульсии входит селитра аммиачная, селитра натриевая, нефтепродукты и вода.

Особую группу смесевых ВВ, изготавливаемых из порохов, занимают ВВ, получаемые из конвертируемых материалов. Одним из таких ВВ является гранипор.

Гранипор — водонасыщенное ВВ, представляющее собой обмаленную механическую смесь пироксилиновых зернистых порохов и отрезков трубчатых артиллерийских порохов.

В табл. 1.2 перечислен ряд ВВ рекомендуемых для взрывных работ на земной поверхности.

Таблица 1.3.

Характеристики некоторых ВВ, допущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению

Рекомендуемые взрывчатые вещества для работ на земной поверхности

Условия размещения ВВ	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М.Протоdjeя-конова	Заводского изготовления	Изготавливаются на месте применения
Сухие скважины, шурфы, траншеи	< 12	Гранулит М Гранулит С-6М Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Граммонит 79/21	Игданит
	< 12	Аммонит №6 ЖВ Граммонит 50/50 Граммонит 30/70	Акванал АРЗ-8Н Карбатол ГЛ-10В, ГЛ-15Т Карбатол ГЛ-10 Акватол Т-20, Т-20М
Сухие шпуры	<12	Гранулит М Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В	Игданит
	<12	Аммонал М-10 Аммонит №6 ЖВ Гранулит АС-8В Детонит М Аммонал скальный №3	
Обводненные скважины, шурфы, траншеи	<12	Гранулотол Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовых патронах, мешках	Акватол Т-20 (ифзанит Т-20)
	>12	Гранутол Граммонит 30/70 Граммонит 50/50 Алюмотол Аммонал скальный №3	Карбатол 10В Карбатол ГЛ-15Т Акватол Т-20 Акванал АРЗ-8Н

В табл. 1.3 даны характеристики некоторых ВВ из числа рекомендуемых для взрывных работ на земной поверхности.

Наименование ВВ	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, ккал/кг	Идеальная работа взрыва, ккал/кг	Объем газов взрыва, л/кг	Плотность ВВ, г/см ³	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с
Акванал (игконит А-10)	0,2–2,3	1130–1215	880–947	852–870	1,4–1,45	225–230	3,8–4,6
Акванал АРЗ-84	-2,7	1254	—	860	0,9–0,92	80–90	2,5–3,5
Акватол (ифзанит) Т-20	-4,6	840	708	937	1,25–1,3	120–150	4,0–4,5
Т-60	-0,4	926	770	920	1,40–1,45	100–120	5,0–5,5
Т-80	0	943	790	913	1,45–1,50	90–100	5,2–5,5
Алюмотол	-76,2	1260	1020	815	0,95	70–80 (25–30)	5,5–6,0
Аммонал скальный №3	-0,78	1360	1060	810	1,0–1,1	8–10	4,0–4,5
Аммонит №6 ЖВ	-0,53	1030	850	893	1,0–1,2	10–13	3,6–4,8
Граммониты: 30/70	-45,9	950	820	800	0,85–0,9	40–60	3,8–4,5
50/50	-27,2	880–900	877	810	0,85–0,9	40–50	3,8–4,5
Гранипоры: БП-1	-50	800–900	—	800–900	0,8–0,85 (1,2–1,25)	100–120	3,4–3,6 (3,3–3,5)
БП-3	-50	800–900	—	800–900	0,85–0,9 (1,25–1,3)	100–120	3,7–3,9 (5,9–6,2)
ФМ	42–45	790–870	—	860–890	0,85–0,9 (1,25–1,3)	80–220 (50–160)	4,5–5,0 (5,5–6,3)
Гранулиты: АС-4	+0,41	1080	870	907	0,8–0,85	70–100	2,6–3,2
АС-4В	+0,34	1242	955	847	0,87–0,92	70–100	3,0–3,6
АС-8	(-4,9)	1266	—	860	0,85	30 в прочной оболочке	1,9–2,6
АС-8В	-2,0	1266	—	860	0,85	30 в прочной оболочке	1,9–2,6
АС-М	-2,0	1266	—	860	0,85	30 в прочной оболочке	1,9–2,6
Гранулотол	-74,0	825	710	1045	0,95–1,0	5–10	5,5–6,5 в прочной оболочке
Дибазит	-30	800–900	—	850–900	0,85–0,95 (1,23–1,35)	100–200 (Н1>20)	2,8–3,5 (5,8–6,0)
Игданит	-1,65 +0,12	900–925	755–765	980–990	0,8–0,9	160–200	2,8–4,3
Карбатылы: ГЛ-10В	-21,7	1300	1070	780	1,57–1,64	200	4,5–5,1
ГЛ-15Т	-10	704	600	946	1,55–1,6	150	4,5–4,8
Тротил У (5,0–5,5)	-74	870–970	—	—	0,75–0,8	60–80	4,0–4,6

Примечания к табл. 1.3:

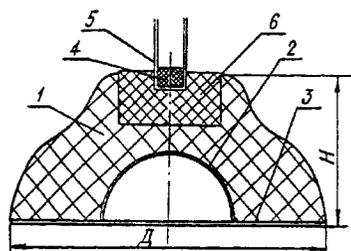
1. Характеристики отдельных ВВ, не вошедших в табл. 1.3, см. в приложении.
2. В скобках даны характеристики ВВ в водонаполненном состоянии.

1.6. Заряды, промежуточные детонаторы

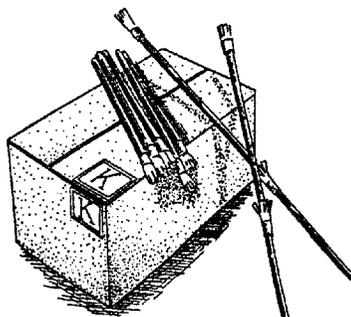
Зарядом называется определенное количество ВВ, подготовленное для производства взрыва.

Вес заряда зависит от качества материала и размеров подрываемого объекта и в каждом случае определяется расчетом.

Форма заряда определяется конструктивными особенностями подрываемого объекта и условиями производства взрывных работ. По форме заряды бывают сосредоточенные, удлинненные и фигурные (рис. 1.1).



- а) Сосредоточенный (кумулятивный типа ЗКП):
 1 — шашка ВВ;
 2 — облицовка кумулятивной выемки;
 3 — торцевая облицовка;
 4 — промежуточный детонатор;
 5 — скобы для крепления инициирования;
 6 — шашка ВВ узла инициирования.



- б) Удлинненный (картридж К-17 х 460)

По расположению относительно взрывааемых объектов заряды делятся на внутренние и наружные. Внутренними называются заряды, закладываемые внутри взрывааемых объектов или их частей, а наружными — заряды, размещаемые на наружных поверхностях объектов или на некотором расстоянии от них.

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

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

Различают заряды заводского и местного изготовления. Последние изготавливают из различных типов взрывчатых материалов непосредственно на месте проведения взрывных работ.

Заряды заводского изготовления выполняют в виде сосредоточенных зарядов (шашек, кумулятивных зарядов) или в виде удлинненных зарядов (штанговые, трубчатые и пр.).

Промежуточные детонаторы применяются для инициирования ВВ, обладающих пониженной чувствительностью.

Промежуточными детонаторами могут служить стандартные патроны аммонитов (рис. 1.2) или же спе-

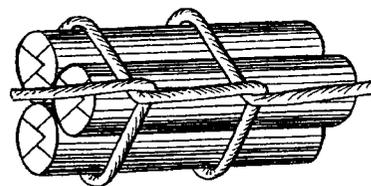


Рис. 1.2. Промежуточный детонатор из патронов ВВ и ДШ

циально изготовленные шашки-детонаторы — заряды стандартных форм и размеров. Иницирующая способность шашек-детонаторов определяется их массой, составом и плотностью. Шашки-детонаторы в зависимости от конструкции инициируют от ДШ, КД и ЭД (рис. 1.3). Марку шашки-детонатора обычно обозначают буквами

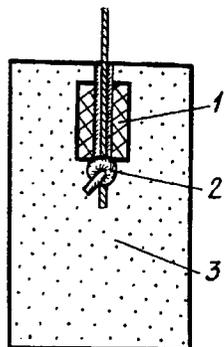


Рис. 1.3. Схема расположения шашки-детонатора в заряде ВВ:

- 1 — шашка;
- 2 — ДШ;
- 3 — заряд ВВ.

и числом. Буквы указывают наименование ВВ, а число — его массу. На отечественных горных предприятиях наибольшее распространение получили тротильные литые и прессованные шашки-детонаторы (табл. 1.4).

Таблица 1.4.

Характеристики промежуточных детонаторов

Тип шашки	ВВ	Плотность, г/см ³	Скорость детонации, км/с	Допустимое время нахождения зарядов в воде, сут	Форма и конструкция	Диаметр (ширина) длина, высота, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
Шашка прессованная ТП-200*	Прессованный тротил	1,5–1,55	6,5–6,8	3	Прямоугольник с гнездом глубиной 38–65 мм под ЭД или 34–38 мм под КД	52x101x52	0,2
Шашка прессованная ТП-400*	То же	1,5–1,55	6,5–6,8	3	То же	52x101x27	0,4
Шашка прессованная ТП-400Г	То же	1,52–1,59	6,8–7,0	6 при гидростатическом давлении 0,2 мПа	Прессованный цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70 x 71	0,4

* Используются для сейсморазведочных работ, но могут применяться в качестве промежуточных детонаторов при электрическом или огневом способах инициирования зарядов ВВ.

Окончание таблицы 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
Шашка литая ТГ-500	Сплав тротила с гексогеном	1,58–1,64	7,2–7,8	Не ограничено	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70–86	0,5

1.7. Перечень взрывчатых веществ и зарядов, двущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению

Таблица 1.5

№	Наименование изделия	Номер, дата разрешения (журнального постановления)	Группа совместимости (опасности), класс ВВ	ГОСТ (ТУ)	Особенности условия применения (водоустойчивость), назначение
1	2	3	4	5	6
1.1. Взрывчатые вещества гранулированные, порошкообразные, и пороха, предназначенные для использования только на земной поверхности					
1	Алюмотол	227/78, 28.02.78	D	ГОСТ 12696-77	Сухие и обводненные скважины
2	Аммонал скальный №3	284/83, 13.05.83	D	ОСТ 84-1917-81	Сухие и обводненные скважины
3	Взрывчатое вещество ФПА-1	347/86, 24.03.86	D	ТУ 48 ЯЛССР 46-53-84	Сухие и осушенные скважины
4	Тротил-У	№11-22/490 от 01.11.93	D	ТУ 7511809-80-93	Обводненные скважины
Граммониты					
5	50/50	13/61, 23.02.61	D	ГОСТ 21988-76	Сухие скважины
6	30/70	26/64, 21.01.64	D	ГОСТ 21988-76	Сухие скважины
7	82/18	314/84, 18.12.84	D	ТУ 84-1025-84	Сухие скважины
8	79/21 ГС	410/90, 27.06.90	D	ТУ 7511903-504-90	Сухие скважины
9	РЗ-30ГР, 79/21ПР, 82/18ПР	№26-9/32 от 13.02.87	D	ТУ 84-1122-87	Обводненные скважины (заряды в полиэтиленовых рукавах)
Граниторы					
10	БП-1, БП-2	№05-1=40/456 от 17.12.90 №07-11/27 от 14.07.93	D	ТУ 3-7509009.06-90	Обводненные скважины ()
11	ФМ	№08-10/526 от 27.11.95	D	ТУ 361403062-01-95	Обводненные скважины

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6
Гранулиты					
12	АК	№11-22/510 от 12.11.93	D	ТУ 7276-62-0469481-93	Сухие и осушенные скважины
13	АС-6	№11-22/156 от 07.04.93	D	ТУ 12.0017376.019-92	Сухие и осушенные шурупы, скважины на разрезах концерна «Кузбассразрезуголь»
14	АС-Д	№362/86 от 29.09.86	D	ТУ 84-520-396-83	Сухие скважины
15	АСД-М	№04-35/225 от 05.09.94	D	ТУ 7511903-541-94	Сухие и обводненные скважины
16	АС-6М	392/88.15.03.88	D	ТУ 84-1080-86	Сухие и осушенные скважины
17	АС-8ПР	№26-9/32 от 13.02.87	D	ТУ 84-1122-87	Обводненные скважины (заряды в полиэтиленовых рукавах)
18	Д-5	№05-1-40/246 от 01.08.90	D	ТУ 12.01737667-90	Сухие скважины на угольных разрезах
19	С-6М	338/85 02.12.85	D	ТУ 84-1076-85	Сухие и осушенные скважины
20	УП-1, УП-2	№03-1-40/40 от 23.03.90	D	ТУ 12.0173903.007.89	Сухие скважины
21	Гранулолот	300/83,30.12.83	D	ГОСТ 25857-83	Сухие и обводненные скважины
22	Диаммон	№08-10/61 от 10.02.95	D	ТУ 84-07507808.98-94	Сухие и осушенные скважины
23	Дибазит	11-22/579 от 27.12.93	D	ТУ 3-7509103.325-93	Обводненные скважины
Пороха					
24	Порох бездымный	123/73 18.12.73	C	ГОСТ 22781-77	Обводненные скважины
25	Порох дымный (ДВП)	123/73 18.12.73	C	ГОСТ 1028-79	Сухие шурупы и скважины
1.2. Водосодержание взрывчатых веществ, предназначенные для использования только на земной поверхности					
1	Акванал	341/85, 23.12.85	D	ТУ 48-ИП-КОИ-05-84	Обводненные скважины
2	Акванит КТ-Х	№08-10/193 от 1 8.04.94	D	ТУ 7287-001-11138300-93	Сухие и обводненные скважины
Акватолаы					
3	T20 (иффзаннты Т-20, Т-60, Т-80)	118/73, 12.06.73	D	ТУ ГП-01-77	Сухие и обводненные скважины
4	Т-20Г	409/90, 13.04.90	D	ТУ 40ЛГ И-05-90	Обводненные скважины
5	Т-20ГК	№05-1-40/281 от 10.07.91	D	ТУ ГОИ КФЛП-2-88	Обводненные скважины
6	Т-20М	№05-1-40/79 от 12.04.90	D	ТУ 7511903-531-90	Сухие и обводненные скважины
7	Граммонит РЗ-30	238/78, 07.09.78	D	ТУ 75-11903-633-93	Сухие и обводненные скважины
Карбатолаы					
8	ГЛ-10В, ГЛ-15Т	248/79, 04.01.79	D	ТУ 81-479-82	Сухие и осушенные скважины
9	А, АТ-10, ФТ-10	283/83, 11.05.83	D	ТУ 84-179-82	Сухие и обводненные скважины
10	ТМ	323/84, 29.12.84	D	ОСТ 84-2157-84	Сухие и обводненные скважины

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6
Поремизы					
11	марок ИМК, ИМ-П, 1МТ-К, 1МТ-Н	№02-35/21 от 17.01.92	D	ТУ 84-07511904645-94	Сухие и обводненные скважины
12	IA	№08-10/167 от 28.03.96	D	ТУ 84-08628424-671-96	Сухие и обводненные скважины на разрезах АООТ "Концерн Кузбассразрезуголь."
13	марок 4А, 8А	380/87, 30.12.87	D	ТУ 84-1202-89	Сухие и обводненные скважины
14	П (патронированный)	№08-10/208 от 12.04.96	D	ТУ84-08628424533-96	Сухие и обводненные скважины
15	Сибириты 1000, 1200	№11-22/240 от 30.06.92	D	№05608604-02-92 № 05608605-02092	Сухие и обводненные скважины
1.3. Взрывчатые вещества и заряды, предназначенные для использования на земной поверхности и в подземных выработках шахт (рудников), не опасных по газу или пыли.					
Водосодержание					
1	Акванит АРЗ-8	260/80, 20.08.80	D	ТУ 84-863-80	Сухие и обводненные скважины
2	Акванал АРЗ-8П	361/86, 31.07.86	D	ТУ 841123-87	Сухие и обводненные шурупы и скважины
3	Граммонит 79/21	13/66, 31.12.66	D	ГОСТ 21988-76	Сухие скважины
Гранулиты					
4	А-6	411/90, 22.08.90	D	ТУ 4701-ИШКОИ-05-90	Сухие шурупы
	АС-4	72/70, 22.04.70	D	ГОСТ 21987-76	Сухие шурупы и скважины
6	АС-4В	186/76, 25.10.76	D	ТУ 84-620-82	Сухие и обводненные скважины
7	АС-8	13/66, 31.12.66	D	ГОСТ 21987-76	Сухие шурупы и скважины
8	АС-8В	186/76, 25.20.76	D	ТУ 84-620-82	Сухие и обводненные шурупы и скважины
9	АС-М	353/85, 30.05.86	D	ТУ 84-1080-86	Сухие шурупы и скважины в сульфидных рудах
10	Д-5	№ 08-10/403 от 01.08.95	D	ТУ 48-15-33-94	Сухие и осушенные шурупы, скважины
11	Игланиг	2/66, 25.06.66	D	ТУ 7276-01-04683349-96	Сухие шурупы и скважины
12	М	95/72, 03.01.72	D	ГОСТ 21987	Сухие шурупы и скважины
Заряды кумулятивные					
13	ЗКП	74/70, 03.06.70	D	ТУ 84-346-79	Дробление негабарита наружными зарядами
14	ЗКП	74/70, 03.06.70	D	ТУ 41-12-084-91	дробление негабарита наружными зарядами
1.4. Порошкообразные взрывчатые вещества и заряды, предназначенные для использования на земной поверхности и в подземных выработках шахт (рудников), не опасных по газу или пыли					
Аммонаты					
1	М-10 (патронированный)	312/84, 14.12.84	D	ТУ 7511903-577-92	Сухие и осушенные шурупы

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6
2	M-10 (в полиэтиленовой оболочке d = 45,90 мм)	№05-1-0/128 от 02.02.90	D	ТУ 3-2233090	Сухие и обводненные
3	Скальный №1 (патронированный)	245/78, 27 11.78	D	ГОСТ 21985-76	Сухие и осушенные шурупы
4	Э-5 (патронированный)	№11-22/111 от 15.03.93	D	ТУ 7508906. 102-93	Сухие и осушенные шурупы
Аммониты					
5	6 ЖВ (порошок в мешках)	5/57, 12.03.57	D	ГОСТ 21984-76	Сухие шурупы, скважины
6	6 ЖВ (патронированный)	5/57, 12.03.57	D	ГОСТ 21984-76	Сухие и осушенные шурупы и скважины
7	6 ЖВ (в полиэтиленовой оболочке d = 60-90 мм)	408/90, 09.02.90	D	ТУ 84-1026-84	Сухие и обводненные скважины в сульфидных рудах
8	Детонит М	35/68, 20.05.68	D	ГОСТ 21986-76	Сухие и осушенные шурупы
1.5. Промежуточные детонаторы, предназначенные для инициирования скважинных зарядов на земной поверхности					
1	Детонаторы промежуточные корпусные (ДПК)	№05-1-40/192 от 06.07.90	D	000-ДПК-00ТУ	Сухие и обводненные скважины
Шашки детонаторы					
2	ГТП-500 КГ (гексотоловые прессованные)	№10-03/125 от 11.04.95	D	ТУ 7511903-525-91 и извещением №2 от 27.02.95	Сухие и обводненные скважины
3	ГТП-500 (гексотоловые прессованные)	№10-03/125 от 11.04.95	D	ТУ 7511903-525-91 и извещением № 2 от 27.02.95	Сухие и обводненные скважины
4	Т-400Г (тройловые прессованные гидроизолированные)	262/80, 22.12.90	D	ОСТ 84-411 - 80	Сухие и обводненные скважины
5	Т-900Г (тройловые прессованные)	№08-10/36 от 24.01.96	D	ТУ 7288-001-07510307-96	Сухие и обводненные скважины
6	ТТ-500 (литые тротило-гексогеновые)	13/66, 31.12.66	D	ОСТ 84-411-80	Сухие и обводненные скважины
7	ТП-200 и ТП-400 (прессованные)	188/76, 28.12.76	D	ОСТ 84-1366-76	Сухие и обводненные скважины
1.6. Взрывчатые вещества, предназначенные для специальных работ на земной поверхности и обработки материалов энергией взрыва					
Аммониты					
1	АТ (АТ-1, АТ-2, АТ-3)	400/88, 26.12.88	D	ТУ 75-11903-624-93	Сварка металлов, добыча штучного камня
2	Гексоласт ГП-87К	261/80, 09.09.80	D	ТУ 84.415-77-81	Импульсная обработка металлов

Окончание таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6
3	Изделия шнуровые эластичные ЭШ-III	293/83, 09.09.83	D	ТУ 84501-39-83	Образование минерализованных полос при тушении лесных пожаров
4	Аммоналы в полиэтиленовой оболочке	№11-22/440 от 23.09.93	D	ТУ 7511903 -614-93	Дробление негабарита
5	ЗДП-100	№11-22/542 от 06.12.93	D	ТУ 41-12-102-93	Дробление негабарита
6	ЗЗТ18 х 1,5	243/78, 10.11.78	D	ТУ 84-610-219-77	Крепление труб в трубных решетках
7	3-ЗР11	№08-10/532 от 20.10.94	D	ТУ 7272-002-7393707-94 (БИКТ.77 1662.004.ТУ)	Разрушение конструкций из металлов
8	ЗКВК	72/87, 31.07.87	D	ТУ 84-1143-87	Заряды контурного взрывания
9	ЗКЛ кумулятивный линейный	№05-1-40/192 от 15.05.91	D	ТУ 3-212-060 90	Обработка металлов, дробление негабарита, специальные взрывные работы
10	ЗКЛБ кумулятивный линейный	№11-22/266 от 02.06.93	D	ТУ 3-2685-93	Резка металлов и железобетонных конструкций, дробление негабарита
11	ЗША-14 и ЗША-25 шланговые	№08-10/562 от 10.11.94	D	ТУ 7511903-561-93	Отбойка каменных блоков
12	КЗ-4, КЗ-5, КЗ-6, КЗ-7, КЗ-ТМК-2, КЗУ, КЗУ-2, КЗК	№08-10/532 от 20.10.94	D	ТУ 7272-001-17393707-94 (БИКТ.77. 1662.002.ТУ)	Разрушение металлоконструкций
13	КЗ-20	№08-10/290 от 09.06.94	D	ТУ 7511903-606-93	Разрушение металлических отходов металлургического производства на шлаковых отвалах
14	Кумулятивный плоский модернизированный	№08-10/173 от 30.03.95	D	ТУ 41-12-112-94	Дробление негабарита

Взрывание зарядов ВВ в заданной последовательности и в определенный промежуток времени осуществляется средствами инициирования (СИ), передающими импульс заряду ВВ и тем самым вызывающими (возбуждающими) его детонацию.

Из всех видов внешних воздействий, к которым чувствительны ВВ, для возбуждения детонации промышленных ВВ используют только взрывные. Обусловлено это повышенной чувствительностью ВВ к взрывам других ВВ, а также высокой возбуждающей способностью и простотой получения эффективного начального импульса с помощью инициирующих ВВ. Специальные технические устройства, служащие для создания начального импульса при инициировании взрывчатых веществ, называются **средствами инициирования**. Промышленные средства инициирования должны быть безопасны в обращении и безотказны в действии, обеспечивать начальный импульс требуемой мощности, обладать достаточной водоустойчивостью. К средствам инициирования, дающим детонационный начальный импульс, относятся капсюли-детонаторы, электродетонаторы, детонирующие шнуры. В современной практике горного дела для инициирования используют *тепловой импульс* от искры горячей пороховой сердцевины специального огнепроводного шнура или электровоспламенителя. В перспективе для возбуждения взрыва заряда инициирующих ВВ может быть использован механический удар (сдвигающихся от взрыва соседнего заряда горной породы или специального бойка) и энергия ударной волны, проходящей по породе.

В соответствии с видом используемых средств инициирования на горных предприятиях применяют следующие способы взрывания: огневой, электроогневой, электрический и с помощью детонирующего шнура.

2.1. Огневое и электроогневое взрывание

Огневое взрывание применяют для инициирования детонирующего шнура, боевиков или непосредственно зарядов взрывчатого вещества при помощи зажигательных трубок.

Зажигательные трубки состоят из капсюля-детонатора и введенного в него отрезка проводного шнура. В зависимости от условий применения можно пользоваться различными марками ОШ (табл. 2.1).

Огневое взрывание применяют на открытых работах и при проведении выработок, не опасных по газу и пыли, при взрывании шпуровых, наружных и многокамерных зарядов, а также при инициировании сетей ДШ.

Запрещается применять огневое взрывание в вертикальных и наклонных выработках с углом наклона к горизонту свыше 30°, а также в тех случаях, когда своевременный отход взрывников на безопасное расстояние или в укрытие невозможен или затруднен.

Зажигательные трубки разрешается зажигать тлеющим фителем, отрезком огнепроводного шнура с косыми надрезами через 5 см или специальными приспособлениями (патронами для группового зажигания и пр.).

Спичкой разрешается зажигать трубки только при взрывании одиночного заряда.

Необходимая очередность взрывания зарядов достигается соответствующей подрезкой шнуров зажигательных трубок и соблюдением требуемой очередности зажигания трубок.

При последовательном зажигании нескольких зажигательных трубок длина огнепроводного шнура в них должна быть рассчитана так, чтобы после зажигания первой трубки осталось достаточно времени на поджигание всех остальных трубок и на отход взрывников от зарядов на безопасное расстояние или в укрытие.

Таблица 2.1.

Характеристики огнепроводного шнура (ГОСТ 3470-80)

Тип	ОША	ОШП
Вид	Асфальтированный	Пластикатный
Диаметр, мм	5,3	5,5
Число оплеток	3	3
Теплостойкость °С	+45	+50
Морозостойкость °С	-25	-35
Водонепроницаемость, не < 4	1	4
Длина в круге, м	10	10
Время горения отрезка шнура длиной 60 см, с	60–70	60–70
Область применения	Сухая и влажная среды	Сухая, влажная и обводненная среды

Минимальная длина шнура зажигательной трубки L_{\min}

$$L_{\min} = (Nt + T) v, \text{ м}, \quad (1)$$

- где N — число шнуров, поджигаемых взрывником;
 t — время на зажигание одного шнура и переход к следующему, с;
 T — время отхода взрывника от зарядов в безопасное место, с;
 v — скорость горения огнепроводного шнура, м/с.

Во всех случаях (за исключением работ по взрыванию льда, взрыванию в горячих массивах и при борьбе с лесными пожарами) длина зажигательной трубки должна быть не менее 1 м и отрезок огнепроводного шнура должен выступать из шнура не менее чем на 25 см.

Зажигательные трубки длиной более 10 м применять запрещается.

При длине трубки более 4 м необходимо применять дублирующие зажигательные трубки. Все эти трубки должны поджигаться одновременно.

При ведении работ на земной поверхности в случае зажигания пяти и более зажигательных трубок для контроля времени, затрачиваемого на зажигание, должна применяться контрольная трубка, изготовленная из капсуля-детонатора с бумажной гильзой. Контрольную трубку зажигают первой. Ее огнепроводный шнур должен быть не менее чем на 60 см короче шнуров применяемых зажигательных трубок, но не короче 40 см.

На подземных работах (при проведении подготовительных выработок) для той же цели должен приме-

няться контрольный отрезок огнепроводного шнура без капсуля-детонатора, используемый, как правило, для поджигания зажигательных трубок.

В случае затухания контрольного отрезка взрывник обязан прекратить дальнейшее зажигание шнуров и удалиться в безопасное место.

Контрольная трубка на земной поверхности должна помещаться на расстояние не менее 5 м от заряда, зажигаемого первым, но не на пути отхода взрывников в безопасное место.

При зажигании за один прием нескольких зажигательных трубок более чем одним взрывником должен быть назначен старший взрывник. В его обязанности входит зажигание контрольной трубки (контрольного отрезка), регулирование начала зажигания трубок, обеспечение своевременного отхода всех взрывников на безопасное расстояние или в укрытие и установление времени выхода взрывников из укрытия. Свои распоряжения старший взрывник подает голосом или сигналами, заранее установленными и известными взрывникам.

Средства **электроогневого инициирования** отличаются от средств огневого инициирования наличием устройства дистанционного поджигания шнура или электрозажигательного патрона. Осуществляется электроогневое инициирование с помощью электрозажигательных средств индивидуального или группового поджигания.

При огневом и электроогневом взрывании взрывник должен вести счет взорвавшимся зарядам; если же это невозможно (при одновременном зажигании большого числа зарядов) или если какой-либо заряд не взорвется, то подходить к месту взрывания разрешается не ранее чем через 15 мин, считая с момента последнего взрыва.

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

Зажигательные и контрольные трубки должны изготавливаться в отдельном помещении здания под-

готовки ВМ, отделенном от помещения подготовки ВВ стеной не менее 25 см из негоряемого материала, оштукатуренной или покрытой негоряемой краской, а в подземных складах — в камерах для изготовления зажигательных трубок.

Запрещается производить эту работу в помещениях для хранения или выдачи ВВ, в жилых помещениях и на месте взрывных работ.

При разовых и эпизодических работах продолжительностью не более 6 месяцев обновлять зажигательные и контрольные трубки разрешается в отдельных приспособленных помещениях, палатках или под навесом.

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

При работах передвижного характера (корчевка пней, дробление валунного камня, ледоходные работы и пр.) изготавливать зажигательные трубки разрешается под открытым небом за пределами опасной зоны и не ближе 25 м от места хранения ВВ.

При изготовлении зажигательных и контрольных трубок взрывник должен иметь острый нож, обжимы, цветную тесьму или ленту, шпагат или прочные нитки, рулетку, деревянную доску для резки шнура, а также инструмент для открывания ящиков с огнепроводным шнуром и капсюлями-детонаторами.

При изготовлении зажигательных или контрольных трубок от каждого круга огнепроводного шнура с обоих его концов должно быть отрезано по 5 см.

Резать огнепроводный шнур разрешается острым инструментом — ножом, бритвой и т.п. Допускается одновременная резка нескольких ниток огнепроводного шнура, сложенных в пучок. Шнур для введения в капсюль-детонатор должен отрезаться перпендикулярно своей оси.

При резке огнепроводного шнура на столе не должны находиться капсюли-детонаторы, а при соединении шнуров с капсюлями-детонаторами — режущие инструменты.

В процессе резанья огнепроводный шнур необходимо тщательно осматривать; участки шнура, где за-

мечены утолщения или утонения, нарушения целостности оболочки, смятие и другие наружные недостатки, должны вырезаться.

Для удобства изменения заданного отрезка огнепроводного шнура на бортик стола, оборудованного для изготовления зажигательных трубок, следует наносить мерные деления.

Каждый капсюль-детонатор должен быть осмотрен на чистоту внутренней поверхности гильзы и отсутствие внутри нее каких-либо посторонних частиц; при наличии частиц последние удаляют путем осторожного постукивания открытым дульцем капсюля-детонатора о ноготь пальца. Характеристики КД приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика капсюлей-детонаторов

Тип КД	Название КД	Состав капсюля, г				Материал гильзы	Размер гильзы, мм	
		Первичное инициирующее ВВ		Вторичное инициирующее ВВ			Длина	Внешний диаметр
		гремучая ртуть	азид свинца	теперес	тетрил			
КД-8Б	Азидотетриловый	—	0,1	0,1	1,0	Бумага	51	7,65
КД-8Б	Гремучертуттетриловый	0,5	—	—	1,0	Бумага	51	7,65
КД-8С	Азидотетриловый		0,1	0,1	1,0	Сталь биометалл	51	7,2
КД-8С	Гремучертуттетриловый	0,5	—	—	1,0			
То же	51	7,2						

Запрещается извлекать из гильзы капсюля-детонатора соринки введением в нее каких-либо приспособлений, а также выдуванием.

Огнепроводный шнур должен вводиться в капсюль-детонатор до соприкосновения с чашечкой последнего прямым движением, без вращения.

Закреплять капсюль-детонатор с огнепроводным шнуром разрешается:

- путем обжатия гильзы у дульца при помощи специального обжима, если гильза капсюля металлическая; при этом запрещается надавливать обжимом на то место капсюля-детонатора, где помещается взрывчатый состав;

Таблица 2.3.

Характеристика зажигательных и электрозажигательных трубок (патронов)

Номер патрона	Тип патрона	Число вмещающихся отрезков ОШ	Внутренний диаметр, мм	Высота, мм
1	ЗП-Б1; ЭЗП-Б1	1–7	16	50–60
2	ЗП-Б2; ЭЗП-Б2	8–12	24	
3	ЗП-Б3; ЭЗП-Б3	13–19	30	70–80
4	ЗП-Б4; ЭЗП-Б4	20–27	35	80–90
5	ЗП-Б5; ЭЗП-Б5	28–32	43	90–100

2.2. Электрическое взрывание

Электровзрывание применяют для инициирования зарядов при всех методах взрывных работ в условиях, не опасных по блуждающим токам и токам электромагнитной индукции. Вблизи высоковольтных линий электропередач, электровозных путей, радиостанций, радарных установок и других приемников или источников тока и электромагнитных излучений электровзрывание должно производиться в соответствии с действующими руководствами по измерению блуждающих токов и токов электромагнитной индукции.

Средствами электрического способа инициирования служат электродетонаторы, провода, постоянный или переносные источники электрического тока, контрольно-измерительные приборы.

Сущность электрического способа инициирования сводится к взрыву электродетонатора от источника электрического тока, а от взрыва электродетонатора взрывается основной заряд промышленного ВВ.

Электродетонатор — капсюль-детонатор с электровоспламенителем, который выполняет роль ОШ.

Электровоспламенитель — состоит из воспламенительной головки и проводов.

Электровоспламенители бывают трех типов: с металлическим мостиком, с токопроводящим составом и искровые. Электровоспламенители с металлическим мостиком устроены подобно электрической лампочке: они действуют от накала электрическим током тонкой

■ при помощи специальных приборов, допущенных Госгортехнадзором, или путем обматывания конца огнепроводного шнура прорезиненной лентой (ниткой или бумажной лентой) с последующим прямым (без вращения) вводом его в дульце капсюля или путем затягивания ниткой или шпагатом дульца гильзы детонатора, если гильза капсюля бумажная.

Место соединения капсюля-детонатора с огнепроводным шнуром при работах в сырых и обводненных условиях должно быть покрыто водоизолирующей мастикой, изоляционной лентой и т.п.

Проверяемые на сопротивление электродетонаторы должны помещаться в металлическую трубку или за деревянным щитом толщиной не менее 10 см. Провода электродетонаторов после проверки их сопротивления должны быть замкнуты накоротко и в таком положении должны находиться до момента присоединения их к взрывной сети.

При изготовлении зажигательных и контрольных трубок на столе у каждого взрывника должно находиться не более 100 капсюлей-детонаторов и соответствующее количество огнепроводного шнура; при проверке электродетонаторов на сопротивление на столе у каждого взрывника должно быть не более 100 электродетонаторов.

Изготовленные зажигательные трубки должны сортироваться по длине и сворачиваться в круг, а контрольные — связываться в пачки шпагатом и укладываться на полку шириной не менее 40 см, имеющую бортики и расположенную выше плоскости стола на 0,5–0,75 м, или размещаться в отдельном шкафу.

Контрольная трубка должна иметь отличительный знак (перевязка тесьмой, шпагатом и т.п.) Характеристики зажигательных трубок приведены в табл. 2.3.

При изготовлении зажигательных и контрольных трубок одновременно несколькими взрывниками стол, на котором изготавливаются трубки, должен быть по всей ширине разделен между взрывниками деревянными щитками толщиной не менее 10 см. Высота щитков должна быть не менее 0,7 м.

Расстояние между щитками или щитком и краем стола должно быть не менее 1,5 м.

металлической нити, расположенной внутри головки. Электровоспламенители с токопроводящим составом имеют головку, загорающуюся за счет тепла, которое возникает при прохождении тока через воспламеняющий состав. Искровые электровоспламенители срабатывают при помощи искры, возникающей при пробое воспламеняющего состава между электродами. В нашей стране выпускаются электровоспламенители с металлическими мостиками, изготовленными из хрома и платиноиридиевого сплава. В качестве воспламеняющих составов используют ацетиленовую медь, смесь из роданида свинца, хлората калия и раствора столярного клея. Провода применяют одножильные, медные, биметаллические или стальные. Изоляция проводов бывает полихлорвиниловой, резиновой, хлопчатобумажной и т.д. Длина проводов от 1 до 4 м (табл. 2.4). Использование неизолированных проводов допускается при подвеске их на опорах с изоляторами.

Таблица 2.4.

Характеристика проводов

Тип провода	Изоляция	Число жил	Число проволок в жиле	Площадь сечения жилы, мм ²	Сопротивление 1 км провода при +20 °С	Масса 1 км провода, кг
ЭР	Резиновая	1	1	0,2	100	6,6
ЭВ	Полихлорвиниловая	1	1	0,2	100	3,1
ВМП	— // —	1	1	0,5	25	7,8
СПП-1	Резиновая в хлопчатобумажной оплетке	1	7	0,5	25	30
СПП-2	Резиновая	2	7	0,5	25	60

Электрическое сопротивление проводов, используемых на взрывных работах, приведено в табл. 2.5.

Таблица 2.5.

Электрическое сопротивление проводов (при температуре 20 °С)

Сечение жилы провода, мм ²	Сопротивление провода, Ом/км		Сечение жилы провода, мм ²		Сопротивление провода, Ом/км
	медного	алюминиевого	медного	алюминиевого	
1	2	3	4	5	6
0,2	87,5	—	2,5	7,0	11,2
0,3	—	—	4,0	4,4	7,0

Окончание таблицы 2.5.

1	2	3	4	5	6
0,5	35,0	—	6,0	3,0	4,7
0,75	23,4	—	10,0	1,75	2,8
1,0	17,5	—	16,0	1,1	1,8
1,5	11,7	—	25,0	0,7	1,1

Примечание. Если применяемые сечения проводов в таблице отсутствуют, сопротивление провода r определяется по формуле

$$r = \rho/S, \text{ Ом/м}, \quad (2)$$

где ρ — удельное сопротивление проводов; для меди $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; для алюминия $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; для железа $\rho = 0,086 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; S — сечение провода, мм².

В электровзрывных сетях применяют три типа соединений электродетонаторов:

- последовательное (рис. 2.1);
- параллельное (рис. 2.2);
- смешанное (рис. 2.3).

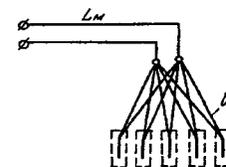


Рис. 2.1. Параллельное соединение электродетонаторов

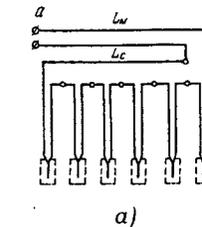
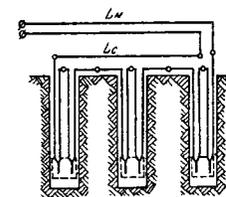
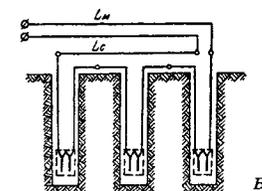


Рис. 2.2. Последовательное соединение электродетонаторов:

- а — в заряд введен один электродетонатор;
- б — в заряд введены два электродетонатора, четырьмя концевика выведены из выработки;
- в — в заряд введены два электродетонатора, на земную поверхность выведены два концевика.



б)



в)

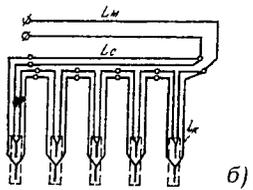
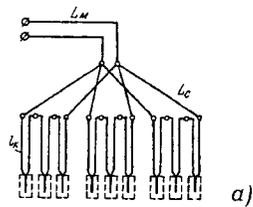


Рис. 2.3. Последовательно-параллельное соединение электродетонаторов:

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

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

Для расчета электровзрывной сети при использовании в качестве источника электросиловых и электроосветительных линий необходимо определить сопротивление сети и силу проходящего по ней, а также через каждый электродетонатор тока.

Силу поступающего в сеть тока $I_{общ}$ определяют по формуле:

$$I_{общ} = U/R_{общ}, \quad (3)$$

где U — напряжение источника тока, В;
 $R_{общ}$ — сопротивление электровзрывной сети, Ом.

Через каждый электродетонатор для его взрыва должен проходить ток силой не менее:

- 1 А — при постоянном токе и числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 100 шт.;
- 1,3 А — при постоянном токе и числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 300 шт.;
- 2,5 А — при переменном токе.

При электрическом способе взрыва необходимо перед взрывом убедиться в том, что величины рас-

четного и фактического сопротивления электровзрывной сети совпадают. В случае несоответствия этих величин, чтобы избежать отказов, необходимо установить причину расхождения и устранить ее.

Разница между измеренным и расчетным сопротивлением параллельно соединенных групп электровзрывной сети не должна превышать 10 %.

При использовании в качестве источника тока взрывных машинок определять силу тока по формуле (3) не разрешается. В этом случае для расчета электровзрывной сети необходимо определять ее сопротивление, которое не должно превышать допустимого для заданной взрывной машинки.

Исправность конденсаторных взрывных машинок проверяют согласно инструкции по эксплуатации соответствующего типа машинок.

Если электровзрывание будет производиться от электрической сети с малым сечением провода при большой его протяженности или если электросеть будет подключаться к передвижной электростанции малой мощности, целесообразно электросеть предварительно проверить на падение напряжения в ней по схеме (рис. 2.4). Здесь в предохранитель устанавливают плавкую вставку на ток, равный $(1,5 - 2) I_{общ}$ (в 1,5 - 2 раза превышающей расчетный ток во взрывной сети); величина нагрузочного сопротивления $R_{общ}$.

Нагрузочное сопротивление также должно быть рассчитано на ток, не менее чем в 3 раза превышающий ток взрывной сети, и на напряжение, которое не меньше напряжения электросети.

В качестве нагрузочного сопротивления можно использовать провод, применяемый для взрывных сетей.

При проверке электросети сначала замеряют ее напряжение при выключенном рубильнике, а затем напряжение U_1 при включенном рубильнике. Рубильник включают на 1 - 2 с — время достаточное для фиксации стрелки вольтметра и снятия его показаний при включенной нагрузке $R_{общ}$. Затем делают проверочный расчет на возможность произвести взрыв от электросети при напряжении U_1 , т.е. с учетом падения напряжения в ней.

При значительном падении напряжения $(U - U_1)$, когда величина напряжения U недостаточна для того,

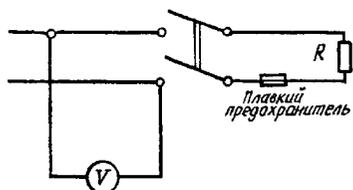


Рис. 2.4. Схема замера падения напряжения в подводящей сети (источнике тока)

чтобы гарантировать надежность взрывания, определяют величину сопротивления электрической сети R_0 по формуле $R_0 = R_{общ} (U - U_1) / U_1$ и вновь производят расчет взрывной сети по новой схеме соединения зарядов (боевиков) при суммарном сопротивлении электрической и взрывной сетей $\Sigma R = R_0 + R_{общ}$, Ом.

При испытании электросети нагрузкой (см. рис. 2.4) возможны следующие случаи:

- предохранитель нагрузочной цепи сгорает сразу же при включении рубильника, не давая возможности снять показания вольтметра. Это значит, что электросеть обеспечит надежный взрыв;
- при включении рубильника напряжение исчезает (вольтметр показывает 0), его нет и при выключенном рубильнике — электросеть обесточена. Очевидно, защищающий ее предохранитель сгорел, так как был рассчитан на силу тока меньшую, чем ток нагрузочной цепи. Надо этот предохранитель заменить более мощным.

При использовании в качестве источника тока передвижных электростанций для повышения напряжения во взрывной сети обмотку генератора целесообразно соединять на звезду, а взрывную сеть подключать на линейное напряжение.

Все электродетонаторы перед выдачей их в работу должны быть проверены на соответствие их сопротивлений пределам, указанным на этикетках упаковочной тары. Это требование не распространяется на электродетонаторы, предназначенные для разделки негабарита, которые проверяют выборочно из расчета не менее 5 % количества, помещенного в каждую коробку.

Не рекомендуется применять в одной взрывной сети электродетонаторы разных партий изготовления и разных заводов-изготовителей. Исключение может составлять использование во взрывных сетях электродетонаторов мгновенного действия с электродетонатора-

ми замедленного или короткозамедленного действия. В этих случаях мостики накаливания электродетонаторов мгновенного действия и электродетонаторов замедленного или короткозамедленного действия должны быть из одного и того же материала, иметь тот же диаметр и одинаковое сопротивление (т.е. в одинаковых пределах). Характеристика электродетонаторов мгновенного действия приведена в табл. 2.6, короткозамедленного действия — в табл. 2.7.

Таблица 2.6.

Характеристика электродетонаторов мгновенного действия

Параметры электродетонаторов	Марки электродетонаторов	
	ЭД-8-Э	ЭД-8-Ж
Материал мостика и его диаметр, мм	Нихром, d=0,03	Нихром, d = 0,03
Наружный диаметр электродетонатора, мм	7,2	7,2
Длина электродетонатора, мм	50–60	50–60
Сопротивление электродетонатора с медными выводными проводниками длиной 24 м. Ом	2,0–4,2	1,6–3,8
Сопротивление электродетонатора со стальными выводными проводниками длиной 2–4 м. Ом	–	2,9–9,6

Примечание. Время срабатывания электродетонаторов 2–10 мс

Таблица 2.7.

Характеристика электродетонаторов короткозамедленного и замедленного действия

Параметры электродетонаторов	Марки электродетонаторов		
	ЭД-КЗ	ЭД-КЗ-15	ЭД-ЗД
Материал мостика накаливания и его диаметр, мм	Нихром, d=0,03	Нихром, d=0,03	Нихром, d=0,03
Наружный диаметр, мм	7,2	7,2	7,2
Длина электродетонатора, мм	72	72	72–90
Время замедления, мс	25; 50; 75; 100; 150; 250;	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120;	0,5; 0,75; 1,0; 2; 4; 6; 8; 10;
Номера серий замедления	1–6	1Н-8Н	7–15
Время срабатывания, мс	2–4,2		До 12
Импульс воспламенения, мс А ²	0,6–2,5	0,6–2,5	0,6–3,0

Примечание. Предельное сопротивление ЭД с медными выводными проводниками — 1,6–4,2 Ом, со стальными проводниками длиной 2–4 м — 2,9–9,5 Ом

Таблица 2.8.

Интервалы замедления ЭД

Тип ЭД	Число серий	Интервал замедления, мс
ЭД-1-3Г	1-10	2-200 (через 20 мс)
	11-14	225-300 (через 25 мс)
	15-18	350-500 (через 50 мс)
	19-23	600-1000 (через 100 мс)
	24	1,5 с
ЗД-КЗ	1-6	25, 50, 75, 100, 150, 250
ЭД-ЗД	1-9	0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10 с
ЭД-ЗН	1-10	20-200 (через 20 мс)
	11-14	225-300 (через 25 мс)
	15-18	350-500 (через 50 мс)
	19-23	600-1000 (через 100 мс)

Запрещается использовать в одной взрывной сети электродетонаторы отечественного и иностранного производства.

Проверку электродетонаторов, а также проверку исправности и измерение сопротивления взрывных сетей разрешается производить приборами, допущенными для этих целей и дающими в цепь ток не более 50 мА.

При электровзрывании на месте работ необходимо иметь:

- при взрывании от машинок: взрывную машинку; пульт для проверки исправности взрывной машинки (входит в комплект машинки); линейный мостик;
- при взрывании от электросиловых и электроосветительных линий: вольтметр, соответствующий роду и напряжению источника тока; мостик линейный; щит с рубильником и калиброванными предохранителями.

При проведении массовых взрывов концевые, соединительные провода расчетной длины должны быть заготовлены заблаговременно, а концы зачищены на длину 5-7 см.

Электровзрывная сеть должна монтироваться в направлении от электродетонаторов к источнику тока. Окончательный монтаж электровзрывной сети должен производиться только после окончания заряжения и забойки всех зарядов и удаления людей на безопасное расстояние.

Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной. Использование воды, земли, труб, рельсов

и т.п. в качестве одного из проводов запрещается. При торпедировании и прострелочных работах в скважинах с применением одножильного каротажного кабеля разрешается использовать в качестве обратного провода стальную оплетку кабеля, колонну труб, массу аппаратуры и т.п. Концы электровзрывной сети при этом не должны замыкаться накоротко.

Провода электровзрывной сети перед употреблением на взрывных работах должны быть проверены на целостность жилы и изоляции. Целостность жилы проверяют путем замера величины сопротивления провода и сравнения полученной величины сопротивления с расчетной. Целостность изоляции проводов должна проверяться путем замера их сопротивления.

Концы проводов в месте соединения должны быть тщательно зачищены, плотно скручены и изолированы изоляцией или при помощи зажимов (рис. 2.5).

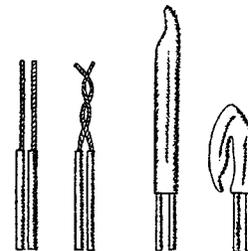


Рис. 2.5. Порядок процесса соединения проводов от двух изделий

В случае применения алюминиевых проводов концы их должны зачищаться до блеска металла непосредственно перед сращиванием, затем их следует быстро и тщательно срастить и изолировать. Очистка концов алюминиевых проводов от изоляции должна производиться движениями ножа в направлении вдоль провода. Надрез изоляции по окружности провода ножом не допускается. Измерение сопротивления и проверка целостности взрывных сетей должны производиться с безопасного расстояния после удаления всех людей от места расположения зарядов за пределы опасной зоны. Проверка исправности электровзрывных сетей непосредственно во взрываемом забое допускается только при помощи взрывного испытателя, если сопротивление взрывной сети не превышает 300 Ом.

При методе камерных зарядов проверка взрывной сети на сопротивление должна производиться как по окончании заряжения, так и по окончании забойки выработок.

Если электровзрывная сеть имеет смешанную схему соединения, то до подключения ее ветвей к магистрали и до проверки сети в целом должны быть с безопасного расстояния проверены все параллельные ветви в отдельности.

Все электроустановки, кабели и воздушные провода в пределах опасной зоны, где монтируется электровзрывная сеть, должны быть обесточены к моменту начала монтажа сети. Заводные ручки взрывных машинок, ключи от приборов и ящиков с рубильниками во время подготовительных работ до момента взрыва должны находиться у руководителя взрывных работ или взрывника (мастера-взрывника).

Если при включении тока или при введении в действие взрывной машинки взрыва не произошло, взрывник (мастер-взрывник) должен отсоединить магистральные провода от источника тока, концы их замкнуть накоротко, взять с собой ключ от источника тока и только после этого выяснить причины отказа. Подходить к зарядам в этом случае можно не ранее чем через 10 мин независимо от типа применяемых электродетонаторов. Для повышения безопасности работ и сокращения времени монтажа сети непосредственно в забое при разделке негабарита и в случаях взрыва большого числа шпуровых зарядов на строительных площадках целесообразно применять предварительный монтаж электровзрывной сети.

В качестве средств для предварительного монтажа сети и ее транспортирования могут быть использованы устройства, допущенные Госгортехнадзором.

Запрещается производить взрывные работы во время грозы. Если взрывная сеть была смонтирована до наступления грозы, то перед грозой необходимо произвести взрыв или отсоединить все провода от соединительных и магистральных проводов, концы тщательно изолировать, а людей удалить за пределы опасной зоны.

Под **короткозамедленным взрыванием** (КЗВ) понимают поочередное взрывание зарядов или группы зарядов АА с интервалами замедлениями до 1000 мс.

Применение КЗВ позволяет:

- снизить сейсмический эффект взрыва;
- улучшить качество дробления взрываемого массива;
- уменьшить выход негабарита;
- увеличить выход горной массы с единицы длины скважины (шпура);
- уменьшить размеры зоны заколообразования и предотвратить заброс породы на верхнюю площадку взрываемого уступа;
- обеспечить более интенсивную проработку подошвы уступа по сравнению с мгновенным взрыванием.

Каждый из перечисленных результатов может быть достигнут применением соответствующих схем КЗВ и интервалов замедления, которые выбираются для каждого конкретного случая.

При использовании любых схем КЗВ должно быть обеспечено безотказное взрывание всех зарядов и исключено подбивание одних зарядов другими.

Снижение сейсмического эффекта от взрыва серии зарядов достигается короткозамедленным взрыванием отдельных или сгруппированных зарядов с максимально возможным числом ступеней замедления и наибольшими интервалами замедления.

Короткозамедленное взрывание осуществляется при помощи электродетонаторов короткозамедленного действия или пиротехнических замедлителей (пиротехнических реле).

При использовании электродетонаторов короткозамедленного действия в первой и последней ступенях могут применяться электродетонаторы соответственно мгновенного и замедленного действия.

На объектах, опасных по блуждающим токам наведенной индукции, короткозамедленное взрывание разрешается производить только при помощи пиротехнических замедлителей.

В зависимости от необходимого числа ступеней и требуемых интервалов замедления, а также условий ведения взрывных работ выбирают соответствующие средства взрывания.

2.3. Взрывание детонирующим шнуром

Взрывание при помощи детонирующего шнура (бескапсюльное) применяют для инициирования зарядов в один прием одновременно, короткозамедленно или замедленно.

Для инициирования зарядов конец отрезка ДШ, вводимого в заряд (боевик), необходимо завязать узлом или сложить не менее чем вдвое.

При оболочке патрона из бумаги или хлопчатобумажной ткани разрешается обматывать детонирующий шнур вокруг боевика.

Инициирование детонирующего шнура производится капсюлем-детонатором зажигательной трубки или электродетонатором. ДШ должен быть соединен с инициатором, предназначенным для возбуждения детонации, внакладку на расстоянии 10–15 см от конца шнура.

Взрывание при помощи ДШ может производиться как в сухих, так и в обводненных условиях. При выборе марки ДШ необходимо руководствоваться табл. 2.9.

Запрещается применять ДШ в выработках, опасных по газу или пыли.

Таблица 2.9.

Характеристика ДШ (ГОСТ 6196-68)

Технические требования, характеристики	ДШ-А	ДШ-В
Диаметр шнура, мм	4,8–5,8	5,5–6,1
Вес взрывчатой сердцевины на 1 м ДШ, г	+ 1,0 –0,5	14±0,5
Цвет оболочки	От белого до желтоватого с одной или двумя отличительными красными нитками по 3-й оплетке	Красный с различными оттенками
Температуроустойчивость, °С	От -28 до +50	От +55 до –35
Гарантийный срок хранения, лет	2	10 (в герметичной упаковке) 3 (в герметичной упаковке)
Покрывание паружной оплетки	Водоизоляционная мастика	Полихлорвиниловый пластикат
Время выдержки в воде, ч	12	24
Глубина погружения, м	0,5	10
Скорость детонации, м/с	Не менее 6500	Не менее 6500
Длина шнура в бухте, м	50 $\begin{cases} +0,2 \\ -0,1 \end{cases}$ или 100 $\begin{cases} +0,2 \\ -0,1 \end{cases}$	50 $\begin{cases} +0,2 \\ -0,1 \end{cases}$ или 100 $\begin{cases} +0,2 \\ -0,1 \end{cases}$

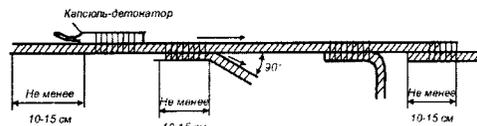
Соединение между собой двух отрезков детонирующего шнура или ответвления с магистральным шнуром (рис. 2.6) разрешается производить внакладку, внакрутку или способами, указанными в инструкции, находящейся в ящике с детонирующим шнуром.

а)



Рис. 2.6. Способы соединения детонирующего шнура

б)



(направление детонации показано стрелками):

- а) внакрутку;
- б) внакладку;
- в) морским узлом

в)

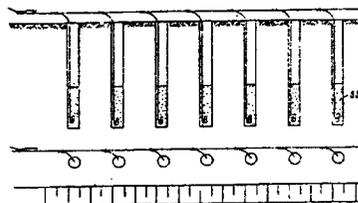
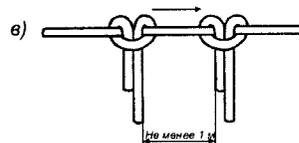


Рис. 2.7. Простейшая схема соединения детонирующего шнура

Соединение внакладку должно быть сделано на длине не менее 10–15 см, внакрутку на длине не менее 15 см; при этом шнуры должны плотно прилегать один к другому, что достигается скреплением их тесьмой, изоляционной лентой, шпагатом.

Детонирующий шнур должен резаться на отрезки требуемой длины до введения его в боевик или заряд. Резать ДШ после введения его в боевик или заряд запрещается.

При монтаже сети магистральный шнур прокладывают вдоль линии зарядов, а к нему присоединяют концевые отрезки ДШ, идущие от зарядов. Простейшая схема соединения ДШ в сети приведена на рис 2.7.

Монтаж сети ДШ состоит из следующих операций:

- нарезка кусков ДШ необходимой длины (до введения концов их в боевик);
- укладка (при необходимости) отрезков ДШ, выходящих из зарядов, в желоба, канавки и пр.;
- прокладывание магистрального шнура вдоль линии зарядов;
- соединение между собой различных отрезков ДШ (наращивание магистрали, присоединение концевиков к магистрали и т.п.);
- прикрепление в необходимых местах к детонирующему шнуру инициаторов (ЭД, КЗДШ, зажигательной трубки).

Шнуры ответвления должны присоединяться к магистральному так, чтобы направление распространения детонации по шнуру ответвления совпадало с направлением распространения детонации по магистральному шнуру (см. рис. 2.6).

При прокладке сетей из ДШ нельзя допускать витков и скруток на шнуре.

При взаимном пересечении шнуров между ними должна помещаться прокладка из грунта или дерева толщиной не менее 10 см.

Сети из ДШ при наружной температуре +30 °С и более должны защищаться от действия солнечных лучей. Это требование необязательно для шнуров, имеющих пластиковую оболочку.

При глубине выработок (скважин) свыше 15 м обязательно дублирование сети ДШ; при этом сдвоенные нити прокладывают так, чтобы они соприкасались на возможно большем протяжении.

Взрывание основной и дублирующей сетей должно производиться одновременно от одного или нескольких детонаторов, связанных вместе.

Детонирующий шнур, соединяющий один или несколько зарядов, может инициироваться как от магистральной нити ДШ, так и от электродетонатора.

При бескапсюлевом взрывании ВВ II группы до момента доставки к месту работ ЭД, КД или КЗДШ разрешается производить зарядку выработок с опасной зоной радиусом 50 м.

Обычно промежуточные детонаторы для взрывания ВВ различных типов состоят из одной — двух ша-

шек. Последние взрываются с помощью детонирующего шнура, пропущенного через их осевые отверстия.

Рациональное расположение промежуточных детонаторов определяется из условий, предусматривающих инициирование ВВ в нескольких точках по длине заряда с временным интервалом, обеспечивающим формирование более чем двух фронтов ударных волн и одновременную встречу их через промежуток времени, достаточный для детонирования всего заряда.

В настоящее время для определения местоположения промежуточных детонаторов в заряде, сформированном из однотипного ВВ, применяется номограмма (рис. 2.8). Расстояния между промежуточными детонаторами на номограмме выражены в относительных единицах длины заряда L . Например, для определения

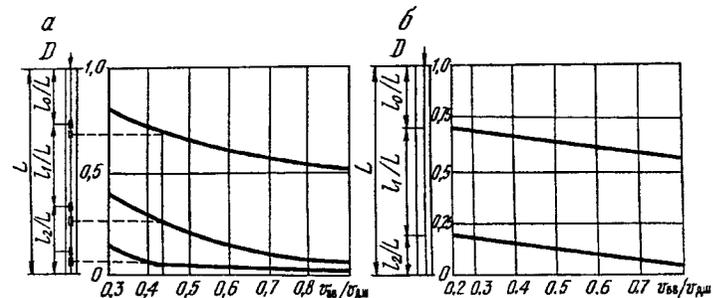


Рис. 2.8. Номограмма для определения местоположения промежуточных детонаторов в заряде, сформированном из однотипных ВВ:

а и б — соответственно при трех и двух промежуточных детонаторах (стрелкой D указано направление детонации)

мест расположения трех патронов-боевиков (шашек) при отношении $v_{ВВ}/v_{гш} = 0,435$ относительные расстояния между промежуточными детонаторами, определенные по номограмме, будут равны $l_3/L = 0,07$; $l_2/L = 0,18$; $l_1/L = 0,39$, т.е. при длине заряда 14 м расстояния от нижнего торца заряда до промежуточных детонаторов будут равны: $l_3 = 10 \times 0,07 = 1$ м; $l_3 + l_2 = 14 \times 0,25 = 3,5$ м; $l_3 + l_2 + l_1 = 14 \times 0,64 = 8,96$ м.

Если скорость детонации ВВ близка к скорости детонации ДШ, то достаточно одного промежуточного детонатора, расположенного посередине длины заряда ВВ.

Места расположения промежуточных детонаторов в случае применения комбинированных ВВ определяются из условия встречи фронтов детонации на границе двух типов ВВ, чтобы предотвратить передачу детонации от маломощного к более мощному ВВ. В зарядах ВВ, где неизбежны инертные примеси в виде шлама, массу промежуточных детонаторов рекомендуется увеличивать на 60–80%. Для обеспечения нормального протекания детонационного процесса по всей длине заряда нужно учитывать местонахождение патрона боевика в заряде, а следовательно, и соответствующие его параметры.

2.4. Неэлектрическая система Нонел

Фирма «Нитро Нобель» (Швеция) разработала применяемую на горных работах взрывную систему Нонел как универсальную для инициирования заряда ВВ с требуемыми интервалами замедления в любых горных условиях. Она более эффективна, чем применяемые в настоящее время средства огневого, электрического взрывания, а также детонирующий шнур. Система Нонел включает следующие элементы (рис. 2.9): детонатор Нонел, закрепленный на конце трубки, имеющий 30 периодов замедления от 75 до 2000 мс. Трубки детонаторов могут быть длиной 4,2; 4,8; 15 м. Детонатор с трубкой свернут в бухту, на конце трубки лип-

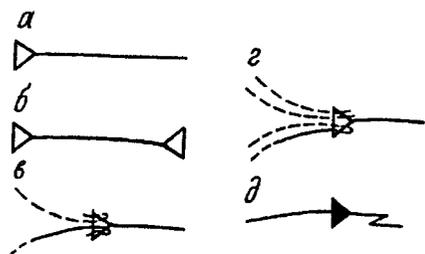


Рис. 2.9. Элементы системы Нонель

а — соединитель с детонатором одностороннего действия;
 б — соединитель двухстороннего действия;
 в, г — соединитель с двумя и четырьмя ответвлениями сети; д — стартовый соединитель (детонатор Нонель с инициирующими зарядами ВВ детонаторами)

кой лентой прикреплен указывающий интервал замедления соединитель Нонел, представляющий собой отрезок трубки с соединительным блоком желтого цвета, прикрепленным к одному концу. Соединитель, в который вмонтирован маломощный (1/7 мощности нормального) детонатор мгновенного действия, рассчитан на передачу взрывного импульса в два или четыре разветвления закрепляемых в соединителе трубок с маломощными или нормальными детонаторами. Трубка соединителя для монтажа сети имеет длину 1,8 до 6 м, а для подачи импульса детонатором нормальной мощности во взрывную сеть — 30–100 м. Соединитель сконструирован так, что все вставляемые в него концы трубок в виде петли (рис. 2.10) находятся в плотном контакте с детонатором. Для каждого гнезда имеется стопор, на который надевается конец

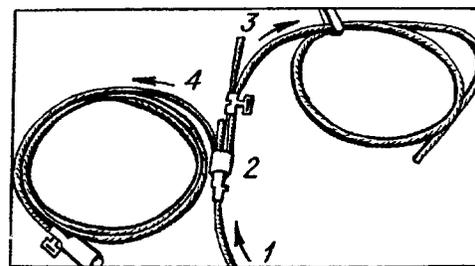


Рис. 2.10. Схема монтажа сети Нонел с помощью соединителей:

- 1 — стартовый соединитель;
- 2 — соединитель с двумя ответвлениями;
- 3 — соединитель с детонатором к заряду;
- 4 — соединитель для разветвленной сети

петли трубки, чем обеспечивается высокая надежность соединения. Свободные концы трубок в детонаторах и соединителях запаиваются. Все устройства Нонел до их использования хранятся в герметической упаковке. На рис. 2.11 изображена схема монтажа сети, предназначенная для исключения отказов из-за возможных разрывов трубок. Система Нонел — неэлектрического типа и нечувствительна к электрическому импульсам. Основу системы составляет трубка Нонел. Трубка Нонел не обладает никаким взрывчатым эффектом. Удар-

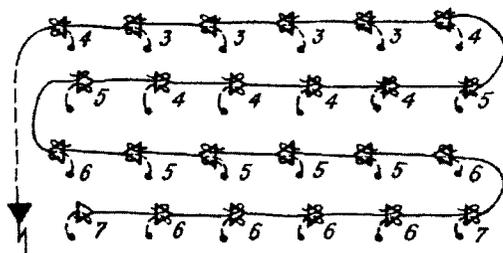


Рис. 2.11. Схема монтажа сети при порядном взрывании уступов: 3, 4, 5, 6, 7 — степени замедлений

ная волна распространяется по внутренней стороне трубки без какого-либо воздействия на окружающую среду. Если трубку держать в руке, то едва ли можно почувствовать прохождение ударной волны. Сердцевина трубки Нонел выполнена в виде нанесенного на внутреннюю поверхность полимерной оболочки тонкого слоя вторичного ВВ, тэна или порошкообразного алюминия массой от 0,005 до 0,5 г/м (в обычных ДШ — 12 г/м). Оболочка ДШ Нонел представляет собой двойную трубку из пластика. Достоинством трубки Нонел является очень малый расход ВВ, невосприимчивость к электрическим зарядам напряжением до 30 кВ. Капсюль-детонатор непродохранительного типа инициируется пламенем, которое возникает в момент, когда ударная волна выходит из трубки Нонел в детонатор.

Технические характеристики взрывной системы Нонел, гарантируемые фирмой «Нитро Нобель», приведены ниже.

При инициировании взрывной цепи Нонел используют стартовый пистолет с капсюлями типа охотничьих жевело, зажигательную трубку с КД, либо ЭД. Пистолет присоединяется к сети с помощью специально гнезда.

Температурный диапазон применения	-30...	+30 °С
Вероятность срабатывания системы	-0,995	
Водостойкость, сут (не менее)	14	
(при давлении 0,2 мПа)		
Усилие на разрыв, Н (не менее)		70
Соединительная трубка:		
внешний диаметр, мм		3,0

внутренний диаметр, мм		1,5
количество ВВ, мг/м	16±5	
скорость детонации, м/с (при температуре 20 °С)	1950±50	

Система Нонел позволяет взрывать с уменьшенным в 2 раза интервалом замедления, а также осуществлять дублирование сетей.

2.5. Перечень средств инициирования взрывчатых веществ, допущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению

Перечень средств инициирования ВВ приведен в табл. 2.10.

Таблица 2.10

№	Наименование изделия	Номер, дата разрешения (журнального постановления)	Группа совместимости (опасности), класс ВВ	ГОСТ (ТУ)	Особенности, условия применения (водостойчивость), назначение
1	2	3	4	5	6
1	Детонирующая лента ДЛ-3-20	№11-22/35 от 7.02.92	С	ТУ 3-121-061-91	Передача импульса зарядам, использование в качестве ВВ при сейсморазведке
Детонирующие шнуры					
2	ДША	88/71, 28.84.71	D	ГОСТ 6196-78	В сухих и обводненных условиях
4	ДШВ	88/71, 28.84.71	D	ГОСТ 6196-78	В сухих и обводненных условиях
Граммониты					
4	ДШВ-В-М	374/87, 01.09.87	D	ТУ 841150-87	В сухих и обводненных условиях
5	ДШД-2Т	403/89, 23.02.89	D	ТУ 610-10-88	В сухих и обводненных условиях
6	ДШУ-ЗЗМ	295/83, 20.10.83	D	ТУ 84-711 -83	В перфораторах, торпедях (водостойкость 6 ч. при давлении 50 мПа)
7	ДШЭ-6	272/82, 10.05.82	D	ГОСТ 6196-78	В сухих и обводненных условиях
8	ДШЭ-6ВДТ	№08-10/78 от 14.02.95	D	ТУ 84-075 13406-034-94	В сухих и обводненных условиях
9	ДШЭ-12	128/74, 22.02.74	D	МКА 77397 1,005 ТУ	В сухих и обводненных условиях
10	ДШЭ-12Г	305/84, 05.03.84	D	ТУ 84-945-82	В сухих и обводненных условиях (водостойкость 30 ч при давлении 30 мПа)
11	ДШЭ-30	383/87, 18.11.87	D	ТУ 841153-87	В скважинах при сейсморазведке
12	ДШЭ-50	383/87, 18.11.87	D	ТУ 841153-87	В скважинах при сейсморазведке

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6
13	Пнеэлектрическая система инициирования Нонел	№08-10/88 от 5.02.96	В	Стандарт 4990707 (Швеция)	Для инициирования боевиков зарядов ВВ на земной поверхности при t° от -30 до +80 °С и в подземных выработках, не опасных по газу или пыли
14	Пиротехническое реле РП-8 (двухстороннего действия)	376/87, 23.09.87	В	ТУ 84-1137-87 20, 35 и 50 мс	Для миллисекундного замедления при использовании ДШ
Термостойкие детонирующие шнуры					
15	ДУЗТВ 150/800	218/78, 28.12.77	D	ТУ 84-398-73	При прострелочно-взрывных работах в скважинах с повышенными температурой и давлением
16	ДУЗТВ 170/1000				То же
17	ДУЗТВ 250/1500				То же
18	ДУЗТВ 250	218/78, 28.12.70	D	ТУ 84-711-83	То же
19	ДШТ 165, 180 и 200	68/70, 05.02.70	D	ТУ 84-711-83	При прострелочно-взрывных работах в скважинах с повышенными температурой и давлением
20	ДШТТ 250	251/79, 26.02.79	D	ТУ 84-752-78	При прострелочно-взрывных работах в скважинах с повышенными температурой и давлением
21	ШЭЛ 170/150 (шиур эластичный)	№ 11-22/231 от 23.06.92	D	ТУ 41-12-083-91	В перфораторах, торпедах
Огнепроводные шнуры					
22	ОША	302/84, 12.01.84	G	ГОСТ 3470-80	В сухих и обводненных условиях
23	ОШП	88/71, 26.04.71	G	ГОСТ 8470-80	В сухих и обводненных условиях
24	ОШЭ	276/82, 07.09.82	G	ТУ 84-761-78	В сухих и обводненных условиях
Зажигательные патроны, трубки, электровоспламенители (электрозажигатели)					
25	Зажигательный патрон ЗП-Б	298/83, 29.12.83	G	ТУ 84-206-81	Для поджигания пучков огнепроводных шнуров
26	Электровоспламенители термостойкие ТЭЗ-ЗП, ЭВ-ПТ-Гр, ЭВ-ПТ-270 Гр	200/77, 01.06.77	G	ТУ 84-397-78	Для воспламенения пороховых зарядов при прострелочных и взрывных работах в скважинах
27	ЭЗ-ОШ (ЭЗ-ОШ-К) электрозажигатель огнепроводного шнура	299/83, 29.12.83 387/87, 16.10.87	G	ТУ 84-207-81	Для поджигания огнепроводных шнуров, может использоваться в комплекте с ЗП-Б
28	ВУТС и ВУТЬ в металлической и бумажной гильзах	307/84, 30.03.84	В	ГОСТ 6254-80	Для инициирования боевиков зарядов ВВ на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6
29	ТКД-2 термостойкие в металлической	162/75, 24.09.75	В	ТУ 84-601-106-82	Для возбуждения детонации ДШ при прострелочно-взрывных работах
Электродетонаторы непригодные					
30	ЭД-8Ж, ЭД-8Э мгновенного действия	88/71, 28.04.71	В	ГОСТ 9089-75	Для инициирования боевиков зарядов ВВ на земной поверхности в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли
31	ЭД-22, ЭД-27, ЭД-29	332/85, 26.07.85	В	ТУ 84-1119-87	Крепление труб в трубных решетках
32	ЭД-24, не взрывающиеся от бытовых источников тока, стойкие к блуждающим токам, зарядам статического электричества	413/91, 06.02.91	В	ДИШВ 773951.003 ТУ	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 10 с (15 серий). Взрываются от специальных приборов (УВВ-1 ТУ 25-04 ОПБ.539.03.90)
33	ЭД-33	№11-22/120 от 13.04.92	В	ДИШВ 773951.005 ТУ	Крепление труб в трубных решетках
34	ЭД-1-8-Т мгновенного действия и ЭД-1-3-Т замедленного действия (антистатические)	263/81, 24.07.81	В	ДИШВ 773951.300 ТУ	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 10 с (29 серий) на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли
35	ЭДВ (ВЭД) высоковольтные	109/73, 20.02.73	В	ТУ 84-305-87	Для инициирования боевиков зарядов ВВ при штамповке металлических изделий
36	ЭДЗД непригодные замедленного действия	12/63, 26.07.63	В	ТУ 84-317-83	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 1000 мс (9 серий) на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли
37	ЭДЗД непригодные короткозамедленного действия	88/71, 28.04.71	В	ТУ 84-317-83	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 250 мс (6 серий) на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли
38	ЭДС	88/71, 28.04.71	В	ГОСТ 9089-75	Для инициирования боевиков зарядов ВВ при сейсморазведочных работах в сухих и обводненных условиях
39	ЭДС-1	363/86, 24.10.86	В	ТУ 84-1139-87009 ТУ-94 ДИШВ 773951	Для инициирования боевиков зарядов ВВ при сейсморазведочных работах в сухих и обводненных условиях
Электродетонаторы предохранительные					
40	ЭДКЗ-ОП мгновенного действия	203/77, 10.06.77	В	ГОСТ 21806-76	Для инициирования боевиков зарядов ВВ на земной поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли
41	ЭДКЗ-П короткозамедленного действия	203/77, 10.06.77	В	ГОСТ 21806-76	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 125 мс на земной поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли
42	ЭД-КЗ-35-П	№04-35/319 от 08.12.94	В	ДИШВ 773951.304 ТУ	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 200 мс (6 серий) на земной поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли

Окончание таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6
43	ЭД-КЗ-ПК коротко-замедленного действия	382/87, 23.10.87	В	ТУ 84-1162-87	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 200 мс (9 серий) на земной поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли
44	ЭДКЗ-ПМ коротко-замедленного действия	203/77, 10.06.71	В	ГОСТ 21806-76	Для инициирования боевиков зарядов ВВ с замедлением до 120 мс (7 серий) на земной поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли
Электродетонаторы и электровоспламенители термостойкие					
45	ТЭД-2, ТЭД-165, ТЭД-200, ТЭД-260, ТЭД-270	162/75, 24.09.75	В	ГОСТ 16562-80	Для инициирования патронов, ДШ зарядов и торпед при прострелочно-взрывных работах
46	ППВ ПГД БК	04-27/485, 31.12.81	В	ТУ 84-905-80	Для инициирования зарядов пороховых генераторов давления

Глава 3

ВЗРЫВНЫЕ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

3.1. Взрывные приборы и машинки

Приборы для взрывания подразделяются на автономные и сетевые. Наибольшее распространение получили автономные конденсаторные взрывные приборы, принцип действия которых состоит в том, что за короткий промежуток времени (до 4 мс) во взрывную сеть подается необходимый для взрывания ЭД импульс тока, накопленный на конденсаторе-накопителе. Автономные приборы имеют собственные источники энергии. Приборы с источником энергии в виде малоомощного генератора с ручным приводом называются взрывными машинками.

Сетевые взрывные приборы применяются, в основном, в шахтах, не опасных по газу или пыли. С их помощью взрывная сеть подключается непосредственно к осветительной или силовой сети.

Наибольшее распространение получили конденсаторные взрывные приборы ПИВ-100М и КВП-1/100М. Они выполнены во взрывобезопасном исполнении. С помощью этих приборов одновременно можно взрывать до 100 последовательно соединенных ЭД.

Взрывной прибор ПИВ-100М снабжен источником питания из трех элементов типа «Сатурн». Прибор имеет омметр для измерения сопротивления взрывной сети. Отдельный источник тока РЦ-75 (ОР-3) или РП085 (ОР-4) обеспечивает надежное питание измерительной схемы на протяжении длительного времени (до 2 лет).

Взрывной прибор КВП-1/100М отличается от ПИВ-100М отсутствием системы измерения сопротивления взрывной сети.

В настоящее время в нашей стране выпускаются только конденсаторные взрывные машинки, которые отличаются простотой устройства и надежностью в работе. Они имеют небольшие массу и объем, снабжены светосигнальными устройствами, позволяющими контролировать исправность машинки.

По принципу питания конденсаторные взрывные машинки разделяют на индукторные, аккумуляторные и батарейные. Наибольшее распространение получили взрывные машинки КПМ-3 и ВМК-500. Принцип действия машинки КПМ-3 состоит в том, что электрическая энергия малоомощного генератора аккумулируется в течение нескольких секунд в виде заряда на конденсаторе-накопителе с последующей отдачей накопленной энергии в электровзрывную сеть.

Конденсаторная машинка ВМК-500 предназначена для взрывания электродетонаторов с нихромовым мостиком накаливания на открытых и подземных горных работах шахт, не опасных по газу или пыли, при температуре от -40 до $+50$ °С и относительной влажности до 95 %. Машинкой ВМК-500 можно взрывать одновременно до 500 электродетонаторов при последовательном соединении и с сопротивлением взрывной сети до 2000 Ом. Источником энергии является генератор переменного тока с постоянными магнитами и ручным приводом, подающий ток через повышающий автотрансформатор и селеновые выпрямители на блок конденсатора-накопителя. При достижении на блоке напряжения 3000 В начинает светиться неоновая лампочка, сигнализирующая о готовности машинки к взрыву.

Машинка сейсмическая взрывная СВМ-2 предназначена для проведения взрывных работ при сейсморазведке и взрывании до 50 последовательно соединенных электродетонаторов при общем сопротивлении взрывной сети до 500 Ом. В качестве источника питания применяются сухие элементы. Конденсатор-накопитель способен подавать во взрывную сеть ток напряжением до 230 В. Масса прибора 5,5 кг.

Характеристики взрывных приборов и машинок приведены в табл. 3.1.

Перед применением взрывные машинки проверяют на длительность импульса напряжения (для шахт, опасных по газу или пыли), а также на развиваемые ими ток и импульс тока. Прежде всего производится внешний осмотр: состояния корпуса, линейных зажимов и провода. При этом корпус должен быть без повреждений, а рукоятка привода должна вращаться плавно и бесшумно.

Взрывные машинки, которые не имеют миллисекундного замыкателя на импульс тока, испытывают при помощи пультов-пробников, которыми снабжают взрывные машинки ВМК-500. Взрывные машинки с миллисекундными замыкателями проверяют приборами контроля взрывного импульса, например прибором ПКВИ-3М, который имеет автономное питание (два гальванических элемента). Он позволяет определить минимальное значение тока в конце импульса.

Таблица 3.1.

Характеристики взрывных приборов и машинок

Марка	Напряжение на конденсаторе, В	Максимальное сопротивление взрывной цепи при последовательном соединении ЭД, ОШ	Число одновременно взрываемых последовательно соединенных ЭД	Масса, кг	Область применения
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М	610/670	320	100	2,7	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание группы последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М	600/650	320	100	2,0	То же
Конденсаторный взрывной прибор СВМ-2	230	150	50	5,5 (с телефоном для связи с сейсмостанцией)	При производстве взрывных работ при сейсморазведке
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3	1600	600	200	2,3	Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности
Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500	3000	2100	800	11	Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности

Взрывной прибор КВП-1/100М отличается от ПИВ-100М отсутствием системы измерения сопротивления взрывной сети.

В настоящее время в нашей стране выпускаются только конденсаторные взрывные машинки, которые отличаются простотой устройства и надежностью в работе. Они имеют небольшие массу и объем, снабжены светосигнальными устройствами, позволяющими контролировать исправность машинки.

По принципу питания конденсаторные взрывные машинки разделяют на индукторные, аккумуляторные и батарейные. Наибольшее распространение получили взрывные машинки КПМ-3 и ВМК-500. Принцип действия машинки КПМ-3 состоит в том, что электрическая энергия малоомощного генератора аккумулируется в течение нескольких секунд в виде заряда на конденсаторе-накопителе с последующей отдачей накопленной энергии в электровзрывную сеть.

Конденсаторная машинка ВМК-500 предназначена для взрывания электродетонаторов с нихромовым мостиком накаливания на открытых и подземных горных работах шахт, не опасных по газу или пыли, при температуре от -40 до $+50$ °С и относительной влажности до 95 %. Машинкой ВМК-500 можно взрывать одновременно до 500 электродетонаторов при последовательном соединении и с сопротивлением взрывной сети до 2000 Ом. Источником энергии является генератор переменного тока с постоянными магнитами и ручным приводом, подающий ток через повышающий автотрансформатор и селеновые выпрямители на блок конденсатора-накопителя. При достижении на блоке напряжения 3000 В начинает светиться неоновая лампочка, сигнализирующая о готовности машинки к взрыву.

Машинка сейсмическая взрывная СВМ-2 предназначена для проведения взрывных работ при сейсморазведке и взрывании до 50 последовательно соединенных электродетонаторов при общем сопротивлении взрывной сети до 500 Ом. В качестве источника питания применяются сухие элементы. Конденсатор-накопитель способен подавать во взрывную сеть ток напряжением до 230 В. Масса прибора 5,5 кг.

Характеристики взрывных приборов и машинок приведены в табл. 3.1.

Перед применением взрывные машинки проверяют на длительность импульса напряжения (для шахт, опасных по газу или пыли), а также на развиваемые ими ток и импульс тока. Прежде всего производится внешний осмотр: состояния корпуса, линейных зажимов и провода. При этом корпус должен быть без повреждений, а рукоятка привода должна вращаться плавно и бесшумно.

Взрывные машинки, которые не имеют миллисекундного замыкателя на импульс тока, испытывают при помощи пультов-пробников, которыми снабжают взрывные машинки ВМК-500. Взрывные машинки с миллисекундными замыкателями проверяют приборами контроля взрывного импульса, например прибором ПКВИ-3М, который имеет автономное питание (два гальванических элемента). Он позволяет определить минимальное значение тока в конце импульса.

Таблица 3.1.

Характеристики взрывных приборов и машинок

Марка	Напряжение на конденсаторе, В	Максимальное сопротивление взрывной цепи при последовательном соединении ЭД, ОШ	Число одновременно взрываемых последовательно соединенных ЭД	Масса, кг	Область применения
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М	610/670	320	100	2,7	Шахты и рудники, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание группы последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М	600/650	320	100	2,0	То же
Конденсаторный взрывной прибор СВМ-2	230	150	50	5,5 (с телефоном для связи с сейсмостанцией)	При производстве взрывных работ при сейсморазведке
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3	1600	600	200	2,3	Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности
Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500	3000	2100	800	11	Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности

3.2. Взрывные и контрольно-измерительные приборы, допущенные Госгортехнадзором России к настоящему применению

Таблица 3.2

№	Наименование прибора. Исполнение	Номер свидетельства (разрешения), дата допуска	Масса, кг	Максимальное сопротивление взрывной сети, Ом	Назначение и область применения
1	2	3	4	5	6
Взрывные приборы и машинки					
1	Машинка ВВМ-4. Исполнение общепромышленное	Разрешение № 05-27/354 от 11.11.77	10	2	Взрывание до 2 шт. высоковольтных электродетонаторов на земной поверхности
2	Машинка взрывная конденсаторная ВМК-500. Исполнение рудничное нормальное РН	Разрешение №25-10/10 от 29.01.76	6,5	2100	Взрывание до 800 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли
3	Взрывная станция стволовая ВСС-1. Исполнение рудничное нормальное РН. Степень защиты от внешних воздействий IP-11	Разрешение № 11-22/390 от 03.11.92	80	1000	Взрывание до 2000 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности при проходке шахтных стволов
4	Взрывной прибор ВПА (30, 60, 120). Исполнение рудничное взрывозащищенное РВ (ИВ). Выходная электрическая цепь Ia. Степень защиты от внешних воздействий IP-54	Свидетельство № 606 В от 03.02.95, разрешение №08-10/16 от 27.03.95	1,9	110 200 360	Взрывание 30, 60, 120 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли
5	Взрывное устройство ЖЗ-2460 программируемое. Уровень и вид взрывозащиты РВ ИВ, IP-54	Разрешение № 20-40/446 от 28.11.91	3,2	1000	Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности до 150 шт. с автоматическим контролем сопротивления электровзрывной цепи на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли.
6	Искробезопасный высокочастотный взрывной прибор ИВП-1/12. Исполнение рудничное взрыво-искробезопасное РВ И	Свидетельство №558 от 04.10.67	2,2	36	Взрывание зарядов типа "Гидроке" до 12 шт. в шахтах, опасных по газу или пыли
7	Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М. Исполнение рудничное взрывозащищенное РВ	Свидетельство №36 от 02.10.61	2	320	Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности до 100 шт. при последовательном соединении на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли.
8	Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3. Исполнение рудничное нормальное РН	Разрешение № 297/83 от 26.10.83	3	600	Взрывание до 200 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6
9	Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М. Исполнение рудничное взрывозащищенное РВ	Свидетельство №514 от 18.10.66	2,7	320	Взрывание электродетонаторов нормальной чувствительности до 100 шт. при последовательном соединении на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли.
10	Машинка сейсмическая взрывная СВМ-2. Исполнение общепромышленное	Разрешение №14-11 а от 30.01.64	5	500	Взрывание до 50 шт. электродетонаторов нормальной чувствительности при сейсмо-разведочных работах на земной поверхности.
Контрольно-измерительные приборы и устройства					
1	Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1. Исполнение РО И	Разрешение №941 от 19.10.81	0,3	320	Контроль сопротивления взрывных сетей на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли
2	Мост типа Р-353. Исполнение общепромышленное	Разрешение 04-27/411 от 28.05.79	1,3	5000	Измерение сопротивления электровзрывных сетей и электродетонаторов на земной поверхности
3	Мост переносной постоянного тока Р-3043. Исполнение РО И	Разрешение №1255 от 20.02.87	1,6	3000	Проверка сопротивления электродетонаторов перед выдачей взрывникам цепей на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли
4	Прибор контроля Копер-1. Степень защиты от внешних воздействий IP-20	Разрешение №08-10/324 от 16.06.95	3,5	—	Контроль параметров электрических средств (взрывных приборов) на предприятиях угольной
5	Измеритель сопротивления взрывной цепи XII 2570. Исполнение РО И	Разрешение №34 от 23.07.93	0,4	2000	Измерение сопротивления взрывных сетей на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли
6	Индикатор фотоэлектрический Ю-140. Исполнение общепромышленное	Разрешение 280/83 от 24.03.83	0,3	1000	Проверка целостности электровзрывных сетей на земной поверхности

Приложение 1

Классификация грунтов по школе
М.М.Протоdjeяконова*)

Категория крепости	Степень крепости	Грунты (породы)	Коеф. крепости f	Группы грунтов (пород) по СНиПу
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты, исключительные по крепости другие породы	19-20	XI
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.	15-18	X
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды. Известняки (крепкие). Некрепкий гранит.	11-14	IX
IIIa	То же	Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	9-10	VIII
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	7-8	VII
IVa	То же	Песчаные сланцы. Сланцевые песчаники	4-6	VI
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	V
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3	
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Разрушенный песчаник, цементованная галька и хрящ, каменный грунт.	2	IV
VIa	То же	Щебнистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5	
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь.	1	IV
VIIa	То же	Крепкий нанос, глинистый грунт. Легкая песчаная глина, лесс, гравий	0,8	
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6	III
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5	II
X	Плавающие	Пылуны, болотистый фонт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3	I

*) Основным показателем этой классификации является коэффициент крепости f , характеризующий предел прочности пород при одноосном сжатии $S_{сж}$: $f = S_{сж}/100$

Приложение 2

Группы совместимости взрывчатых материалов

Группа совместимости	Наименование веществ и изделий
B	Изделия, содержащие инициирующие ВВ
C	Металлический ВВ и другие дефлагирующие ВВ или изделия, их содержащие
D	Детонирующие ВВ, дымный порох и изделия, содержащие детонирующие ВВ без средств инициирования и металлических зарядов
F	Изделия, содержащие детонирующие ВВ, средства инициирования и металлические заряды (кроме тех, которые содержат легвоспламеняющуюся или гиперголическую жидкость) или без металлического заряда
G	Пиротехнические вещества или изделия, содержащие пиротехнические вещества, а также изделия, содержащие как взрывчатые вещества, так и осветительные, зажигательные, слезоточивые или дымообразующие вещества (кроме водоактивных изделий или изделий содержащих белый фосфор, фосфида, легковоспламеняющиеся жидкости или гели)

Едиными правилами безопасности при взрывных работах (ЕПБ) все ВМ по степени опасности при хранении и перевозке разделяются на пять групп:

I. ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15 %, нефлегматизированный гексоген, тетрил.

II. Аммиачно-селитренные ВВ, тротил и сплавы его с другими нитросоединениями, ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не выше 15 %, флегматизированный гексоген, детонирующий шнур.

III. Дымные и бездымные пороха.

IV. Детонаторы, реле короткозамедленного взрывания детонирующим шнуром (КЗДШ).

V. Перфораторные заряды и снаряды с установленными в них взрывателями.

Приложение 3

Расчетный удельный расход ВВ, кг/м³ грунта

Грунты	Группа грунтов по СНиПу	Заряд	
		нормально-го рыхления	нормального выброса
	2	3	4
Песок	I	-	1,6-1,8
Плотный или влажный песок	I-II	-	1,2-1,3
Тяжелый суглинок	II	0,35-0,4	1,3-1,8
Ломовая глина	III	0,35-0,45	1,2-1,8
Лесс	III-IV	0,3-0,4	0,9-1,2

1	2	3	4
Мел, выщелоченный мергель	IV-V	0,2-0,4	0,9-1,2
Гипс	IV	0,35-0,45	1,1-1,5
Известняк-ракушечник	V-VI	0,35-0,6	1,4-1,8
Опока, мергель	IV-VI	0,3-0,4	1-1,3
Трещиноватые, плотные туфы, тяжелая пемза	V	0,35-0,5	1,2-1,5
Конгломерат, брекчии на известковом и глинистом цементе	IV-VI	0,35-0,45	1,1-1,4
Песчаники на глинистом цементе, сланец, глинистый, серицитовый мергель	VI-VII	0,4-0,55	1,2-1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII-VIII	0,4-0,6	1,2-1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII-IX	0,4-0,8	1,2-2,2
Гранит, гранодиорит	VIII-IX	0,5-0,8	1,7-2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX-XI	0,6-0,85	1,7-2,2
Кварцит	X	0,5-0,8	1,6-2
Порфирит	X	0,6-0,8	2-2,3

Приложение 4

Расчетные коэффициенты эквивалентных зарядов ВВ по идеальной работе взрыва $K_{ВВ}$ (эталон-аммонит №6 ЖВ)

	$K_{об}$		$K_{вв}$
Карботол ГЛ-10В	0,79	Граммонит 79/21	1
Скальный аммонал №3	0,8	Граммонит 50/50	1,11
Скальный аммонит №1	0,81	Гранулит М	1,13
Детонит М	0,82	Гранулит С-2	1,13
Алюмотол	0,83	Игданит	1,13
Гранитол 7А	0,86	Граммонит 30/70	1,14
Гранулит АС-8	0,89	Аммонит АП-5 ЖВ	1,14
Гранулит АС-8В	0,89	Акватол Т-20	1,2
Гранулит АС-4	0,98	Гранулотол	1,2
Аммонит №6 ЖВ	1		

Переводные коэффициенты $K_{ВВ}$ для расчета масс эквивалентных зарядов дробящего (разрушающего) действия следует принимать с учетом энергетических и детонационных параметров ВВ в зависимости от группы грунтов по СНиПу.

Приложение 5

Краткое руководство по применению ВМ

1. Алюмотол — высокомогущее водоустойчивое промышленное взрывчатое вещество 1 класса (ВВ), представляющее собой гранулированный продукт серого цвета из смеси расплавленного тротила с алюминиевым порошком с размером гранул 2 – 5 мм. По степени опасности при хранении и транспортировании алюмотол относится к группе совместимости D. Допущен к постоянному применению на дневной поверхности в забоях любой степени обводненности, в том числе и в забоях с проточной водой, при ручном механизированном и пневматическом способе заряжания для взрывания средних, крепких и весьма крепких пород.

Алюмотол выпускается по ГОСТу Е2696-77 в непатронированном виде.

2. Алюмотол негигроскопичен, при хранении не увлажняется, в воде нерастворим, обладает практически неограниченной водоустойчивостью. Пригоден для заряжания засыпкой в воду ВМ, для взрывания под водой при любых величинах гидростатического давления, встречающихся в практике взрывных работ.

С грунтовыми, нейтральными и кислыми водами не взаимодействует.

Не рекомендуется применять его в сильнощелочных водах (РН >8).

3. Алюмотол недостаточно чувствителен к капсюлям-детонаторам и детонирующим шнурам, требуется промежуточный детонатор, в качестве которого при непрерывном нахождении зарядов в воде (до 24 ч) следует использовать тротильные шашки типа Т-400Г.

4. Гарантийный срок хранения алюмотола 2 года со дня изготовления. В течение срока хранения при соблюдении правил транспортирования и хранения алюмотол сохраняет рассыпчатость (легко разминается от усилия руки).

5. Основные физико-химические и взрывчатые характеристики алюмотола.

6. Алюмотол является взрыво-, пожароопасным и токсичным веществом. При заряжании может пылить. Выделяемая из него пыль вредна для здоровья и взрывоопасна. Предельно допустимая концентрация (ПДК)

Состав %	
— тротил	85±3
— порошок алюминиевый	15±3
Массовая доля влаги, %	0,5-2,0
Насыпная плотность, г/см ³	0,95-1,00
Плотность гранул, г/см ³ : не менее	
— 1-й категории качества	1,50
— аттестованного государственным Знаком качества	1,55
Плотность заряжания, г/см ³	
— при наполнении водой	1,00
— при наполнении солевым раствором	1,25-1,30
Удельная теплота взрыва, Дж/кг (ккал/кг)	518,19·10 ⁷ (1240)
Объем газов в водонаполненном состоянии, л/кг	875
Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода), л/кг	50-60
Температура взрыва, °С	4510
Кислородный баланс, %	-76
Нижний предел взрывоопасной концентрации пылеобразных фракций алюминия, г/м ³	25-50
Тротильовый эквивалент по теплоте взрыва	1,3
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом № 6ЖВ)	1,2
Скорость детонации в водонаполненном состоянии, км/с.	5,5-6,0
Критический диаметр, мм открытого заряда	
а) водонаполненного	30
б) сухого	70-80
Работоспособность, см ³ :	430
Бризантность в стальной оболочке от тротильовой шашки 5 г в водонаполненном состоянии, мм	28-30
Чувствительность к удару, %	24-48
Чувствительность к трению, кгс/см ²	2300-2600

в воздухе рабочей зоны производственных помещений 1 г/м³.

Взрывоопасна концентрация аэровзвеси 12 г/м³. Минимальная энергия воспламенения 1,4 мДж. Алюмотол загорается от спички. Гранулы алюмотола плавятся при температуре 75—80 °С.

При загораний алюмотола для ликвидации очагов пожара следует применять средства пожаротушения: распыленную воду, пенные или углекислотные огне-тушители. Применять песок и кошку запрещается.

7. При механизированном зарядении следует оберегать алюмотол от засорения песком и породой перед загрузкой его в зарядчики. После взрыва перед допуском людей к заборе породы необходимо проверить атмосферу в забое на содержание вредных газов.

8. Нижний допустимый предел массовой доли влаги, исключаящий электризацию алюмотола, должен составлять 0,5 %.

Влажность при изготовлении составляет 0,5—1,5 %.

Для снижения пыления и электризации алюмотола при зарядании и пневмотранспортировании следует вводить в него 4—6 % воды, а в зимних условиях — водного раствора соли (хлористого натрия или хлористого кальция). Концентрация солевого раствора устанавливается в зависимости от конкретных температурных условий применения.

При применении влажность алюмотола не лимитируется, если это не вызывает его смерзания.

Засыпку алюмотола в скважину следует производить через металлическую воронку, вставленную в устье скважины для отвода возможных зарядов электричества.

Оптимальная скорость пневмотранспортирования алюмотола 20—25 м/с.

9. При транспортировании и хранении на перевалочных пунктах и складах алюмотол должен предохраняться от нагревания, воздействия пламени, попадания искр, подмочки, воздействия атмосферных осадков и солнечных лучей.

10. При несоответствии алюмотола требованиям стандарта и при его засорении он подлежит уничтожению. Уничтожать непригодный к работе алюмотол следует взрыванием, если есть уверенность в полноте его взрыва. В противном случае ВВ следует сжигать.

Руководство по применению граммонитов 50/50, 30/70, 82/18

Граммонит выпускаются по ГОСТу 21988-76 в непатронированном виде с гарантийным сроком хранения 6 месяцев в бумажной упаковке полиэтиленовым вкладышем.

Граммониты (недостаточно чувствительные к ДШ и КД) требуют промежуточного детонатора, в качестве которого достаточно одной шашки Т-400Г или шашки другого вида, допущенных к постоянному применению.

Засыпку ВВ в скважину из мешков необходимо производить через металлическую воронку с сеткой, вставленную в устье скважины.

Сухой граммонит при низкой относительной влажности воздуха способен электризоваться при пересыпании и пневмотранспортировании. При работе с ним необходимо строго соблюдать правила за-

щиты от статического электричества: надежно заземлять оборудование, пользоваться проводящими или полупроводящими ($r = 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$) зарядными шлангами и осуществлять мероприятия по нейтрализации зарядов статического электричества, предусмотренные инструкцией по эксплуатации зарядно-транспортных устройств и механизмов, а также руководствоваться указаниям по механизированному заряданию «Единых правил безопасности при взрывных работах».

При пневмозарядании скважин и других зарядных полостей 3–56 путем орошения водой (в зимних условиях — подогретой), граммонт необходимо в обязательном порядке увлажнять водой или 2–3 %-ным раствором аммиачной селитры 40 %-ной концентрации, или гликолевого антифриза. Для устранения выноса пыли ВВ с отработанным воздухом из скважин и уменьшения пыления долины соблюдать оптимальные скорости пневмотранспортирования 20–25 м/с, использовать зарядчики с пылеулавливающими устройствами.

В процессе пневматического транспортирования и зарядания граммонт выделяет вредную для здоровья и взрывоопасную тротиловую пыль. Предельно допустимая ее концентрация в воздухе рабочей зоны — 1 мг/м³, нижний предел взрывоопасной концентрации аэрозоля ВВ — 12 мг/м³, а минимальная энергия его воспламенения — 2,8 мДж.

При работе с граммонтом следует применять индивидуальные средства защиты от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения.

Граммонт 82/18 — промышленное взрывчатое вещество 1 класса, предназначенное для взрывания горных пород крепостью до 14 по шкале проф. М.М. Протодяконова с ручным и механизированным заряданием сухих скважин на земной поверхности.

Граммонт 82/18, представляющий собой смесь гранул аммиачной селитры с чешуйкой тротила, выпускается в непатрированном виде с гарантийным сроком хранения 12 месяцев при упаковке с полиэтиленовым вкладышем.

Состав граммонта 82/18

- тротил 18,0 ± 1,5
- аммиачная селитра 82,0 ± 1,5

Основные физико-химические показатели граммонта 82/18 приведены ниже.

Расчетные	
Теплота взрыва, кДж/кг (ккал/кг)	4020 (960)
Объем газов, л/кг	895
Кислородный баланс, %	+3,08
Тротиловый эквивалент по теплоте взрыва	0,96
Температура взрыва, °С	2830
Экспериментальные	
Скорость детонации в стальной трубе 45 x 25-А ГОСТ 8732-78, км/с	2,7–3,0
Критический диаметр в стальной оболочке, мм	15–20
Фугасность в мортире, см ³	330–335
Бризантность в стальном кольце от 10 г, мм	22–23
Плотность зарядания, г/см ³	0,85–1,15
Гранулометрический состав, %	
— остаток на сите с сеткой №4 по ГОСТу 3826-82, не более	5
— остаток на сите с сеткой №09 по ГОСТу 3826-82, не менее	85
Чувствительность к удару по ГОСТу 4545-80:	
— нижний предел, мм	500
— частота взрывов, %	4–16
Чувствительность к трению:	
— нижний предел, кгс/см ² (МПа)	2450 (245)

Граммонт 30/70 — гранулированное аммиачно-селитренное ВВ 1 класса. Представляет собой смесь гранул селитры с гранулолом. Допущен к применению в горной промышленности на открытых работах при ручном и механизированном зарядании сухих и ограниченно обводненных (с непроточной водой) скважин.

Может храниться и применяться во всех климатических районах России.

Состав граммонта 30/70:

- Селитра аммиачная, % 30 ± 5,0
- Гранулолом, % 70 ± 5,0

Основные взрывчатые и физико-химические характеристики граммонта 30/70:

Внешний вид	гранулы сферической формы размером до 5 мм, однородные по цвету
Насыпная плотность г/см ³	0,85–0,90

Плотность гранул, г/см ³	1,40–1,50
Оптимальная плотность заряжания, г/см ³	1,3
Содержание влаги и летучих веществ, % не более	1,5
Полнота детонации от пром. детонатора — заряда взрывчатого вещества, мм	100
Теплота взрыва, ккал/кг	950
Объем газов, л/кг	800
Газовая вредность (кол-во ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода), л/кг	65
Температура взрыва, °С	3150
Кислородный баланс, %	(–45,9)
Троитловый эквивалент по теплоте взрыва	0,95
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом №6 ЖВ)	0,95
Скорость детонации, км/с	3,8–4,5
Критический диаметр, мм, открытого заряда	40–60
Работоспособность, см ³ , не менее	330–340
Бризантность в стальной оболочке от тротиловой шашки массой 5 г, мм, не менее	23–25
Чувствительность к удару, %	12–24
Чувствительность к трению, кгс/см ²	2200–2900

Рассыпчатость граммонита 30/70 гарантируется на протяжении установленного срока хранения.

Граммонит 50/50 — гранулированное аммиачно-селитренное взрывчатое вещество 1 класса, гранулы селитры которого неполностью закапсулированы в оболочку из тротила.

Допущен к постоянному применению на открытых горных разработках с ручным и механизированным заряданием сухих, осушенных и ограниченно обводненных непроточной водой скважин при взрывании пород средней крепости и крепких, может храниться и применяться во всех климатических районах России, также в качестве фазы при изготовлении на рудниках водосодержащих ВВ.

Состав граммонита 50/50:

- аммиачной селитры 50±3 %
- тротила 50±3 %.

Основные взрывчатые и физико-химические показатели граммонита 50/50:

Внешний вид:	Гранулы желтого цвета размером до 5 мм. Допускаются отдельные их сростки размером до 15 мм
Насыпная плотность, г/см ³	0,85–0,9
Плотность гранул, г/см ³	1,4–1,5
Оптимальная плотность заряжания, г/см ³	1,3
Содержание влаги и летучих веществ, %, не более	0,7
Детонация наряда граммонита диаметром 100 мм от промежуточного детонатора	полная

Теплота взрыва, ккал/кг	880–900
Объем газа, л/кг	810
Расчетная газовая вредность (к-во ядовитых газов и пересчете на условную окись углерода), л/кг	255
Температура взрыва, °С	3000
Кислородный баланс	27,15
Троитловый эквивалент по теплоте взрыва	0,90
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом №6 ЖВ)	0,92
Скорость детонации, км/с	3,6–4,2
Критический диаметр, мм открытого заряда	40–50
Работоспособность, см ³	340–350
Бризантность в стальной оболочке от тротиловой шашки массой 5 г, мм	24–27
Чувствительность к удару, %	12–24
Чувствительность к трению, кгс/см ²	2500–3000

Рассыпчатость граммонита гарантируется на протяжении установленного срока хранения.

Сведения по применению карбатов

По степени опасности карбаты относятся ко второму классу опасности.

Токсичность карбатов обусловлена токсичностью компонентов, входящих в рецептуру: гранулола (тротила), алюминия, аммиачной селитры (АС).

Тротил действует на печень, кровь, вызывает желудочно-кишечные расстройства.

Алюминий (пыль) вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.

Аммиачная селитра оказывает раздражающее действие на кожу, вызывает зуд и жгучую боль в ранах.

Кожный контакт со всеми компонентами может вызвать экземы и дерматиты.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) тротила в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³, алюминия 2 мг/м³, аммиачной селитры 2 мг/м³.

Токсичны пыль и растворы хрома (Ш) сернокисло-го (Cr₂(SO₄)₃). Предельно допустимая концентрация 0,1 мг/м³. При увеличении концентрации выше ПДК действует раздражающе на слизистые оболочки и кожу. По степени воздействия на организм относится к первому классу.

Ферросилиций, карбамид, полиакриламид, натрий карбоксиметил-целлюлоза не обладает выраженными токсическими свойствами, при попадании на слизистые оболочки и кожу могут вызывать раздражение и дерматиты.

Карбаты являются пожаро- и взрывоопасными веществами.

Температура вспышки карбатов и компонентов, °С

15Т	189	Алюминия	550
А	230	Тротила	290
ТМ	220		

Температура разложения аммиачной селитры 210–230 °С,

Карбатылы не чувствительны к электрической искре. Удельное объемное сопротивление карбатов $3 \cdot 10^3$ Ом·см, удельное поверхностное сопротивление $3,0 \cdot 10^3$ Ом.

При работе с карбатами и их компонентами должны соблюдаться следующие требования безопасности.

Не допускается попадание в алюминиевый порошок воды, раствора селитры и других посторонних материалов, способных взаимодействовать с ним с разогревом и возгоранием. Не допускается запыленность воздуха в рабочем помещении аэрозоль алюминия сверх допустимой нормы, нижний предел взрываемости — 35 г/м³.

При работе должны соблюдаться нормы загрузки помещений, рабочих мест и оборудования. Оборудование должно быть заземлено и оснащено местной вентиляцией. Необходимо систематически убирать пыль с рабочих мест и увлажнять их водой. Запрещается использовать в работе загрязненную просыпь и сметки ВВ.

Хранение, разгрузка и распаковывание аммиачной селитры должны осуществляться в условиях, исключающих попадание воды, загрязнение АС горючими компонентами (маслом, углем, серой, древесными опилками, бумагой и т.п.), а также контакт АС с кислотами, серноколчеданной рудой, цинком, медью и их соединениями.

Все помещения стандартных пунктов должны быть оборудованы и укомплектованы средствами пожаротушения в соответствии с нормами для помещений данной степени пожароопасности. Запрещается тушение карбатов песком.

При работе с карбатами следует применять индивидуальные средства защиты: спецодежду (хлопчатобумажные костюмы), перчатки, респираторы, а также соблюдать меры личной гигиены.

По степени опасности при хранении и транспортировании карбатылы относятся к группе совместимости D.

Работы по изготовлению и применению карбатов необходимо проводить в соответствии с требованиями безопасности и противопожарной безопасности «Единых правил безопасности при взрывных работах», «Правил устройств в эксплуатации стационарных пунктов изготовления простейших и водосодержащих пунктов подготовки на предприятиях, ведущих взрывные работы» (пункт 23), утвержденных в установленном порядке, «Краткого руководства по изготовлению и применению карбатов».

Руководство по применению гранулола

Гранулол (гранулированный тротил) — гранулированное водостойчивое промышленное взрывчатое вещество (ВВ) 1 класса.

Гранулол применяется для ведения взрывных работ на дневной поверхности при ручном и механизированном зарядании скважин любой степени обводненности, в том числе с проточной водой, а также для изготовления на горных предприятиях водосодержащих ВВ (карбата и др.).

Гранулол выпускается по ГОСТу 25857-83 в непатрированном виде двух категорий качества: высшей и первой.

В районах Крайнего Севера применяется гранулол только высшей категории качества. Гранулол первой категории применяется во всех климатических районах, кроме районов Крайнего Севера.

Основные физико-химические и взрывчатые характеристики гранулола указаны ниже.

Внешний вид	Гранулы от светло-желтого до темно-желтого цвета сферической формы размером: проход гранул через сито с сеткой №5 — не менее 50%	
Насыпная плотность, г/см ³ Плотность гранул, г/см ³ Теплота взрыва, кДж/кг (ккал/кг)	Сухого	Водонаполненного
	0,9–1,0 1,48–1,54 3643(870)	— 4103 (980)
	(при насыпной плотности)	
Объем газов, л/кг	750	1045

Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода, л/кг (расчетная)	300	—
Кислородный баланс, %	-74	—
Тротильный эквивалент по баллистическому маятнику	1,0	1.13
Полная идеальная работа взрыва, кДж/кг (ккал/кг)	2973 (710)	3600(860)
Эквивалент по идеальной работе взрыва (ср. с аммонитом №6 ЖВ)	0,82	1,01
Работоспособность, см ³	285-295	310-320
Бризантность в стальном кольце, мм	24-26	32-34
Чувствительность к удару по ГОСТу 4545-80		
— частота взрывов в приборе №1, %	0-20	—
— пиковый предел, мм	500	—
Чувствительность к трению, %, взрывов на приборе К-44-Ш при усилении прижатия: — 392 мПа (4000 кгс/см ²)	4	—
— 608 мПа (6200 кгс/см ²)	36	—
— 1078 мПа (11000 кгс/см ²)	88	—
Температура вспышки при времени задержки 5 с, °С	290-300	—
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более		
— высшей категории качества	1,0	—
— первой категории качества	2,0	—
Скорость детонации, км/с:		
— в бумажной оболочке	4,0-4,6	5,0-5,5
— в стальной оболочке диаметром 40 мм	5,0-5,2	5,5-6,0
Критический диаметр, мм		
— в бумажной оболочке	60-80	25-30
— в стальной оболочке	10-15	5-10

Инициирование зарядов гранулолота производит-ся с помощью промежуточного детонатора, в качестве которого используют одну или две тротильовые шашки типа Т-400Г или другого типа из выпускаемых промышленностью.

Сухой гранулолот при низкой относительной влажности воздуха ниже 65 % способен электризоваться при пересыпании и пневмотранспортировании.

Основные электрические свойства и степень электростатической опасности гранулолота:

Удельное электрическое сопротивление, ρ, Ом • м	10 ⁹ -10 ¹¹
Относительная диэлектрическая проницаемость	2,1
Минимальная энергия воспламенения пылевоздушной смеси (аэрозвеси) при оптимальной концентрации 6 кг/м ³ , мДж	2,8
Нижний предел взрывоопасной концентрации аэрозоля, г/м ³	12

При работе с гранулолотом необходимо строго соблюдать правила защиты от статического электричества: надежно заземлять оборудование, пользоваться проводящими или полупроводящими (ρ = 10⁶ Ом • см) зарядными шлангами.

Для снижения пыления и электризации гранулолота при зарядании и пневмотранспортировании следует вводить в него 4-6 % воды, а в зимних услови-

ях — водного раствора соли: хлористого натрия или хлористого кальция при температуре минус 25-30 °С и их смеси при температуре ниже минус 25-30 °С.

Концентрация солевого раствора устанавливается в зависимости от конкретных температурных условий применения.

При применении гранулолота влажность не лимитируется, если это не вызывает его смерзания.

Для устранения выноса гранулолота с отработанным воздухом из скважин и уменьшения пыления должны соблюдаться оптимальные скорости пневмотранспортирования, использоваться зарядчики с пылеулавливающими устройствами. Оптимальная скорость пневмотранспортирования гранулолота — 20-25 м/с.

Для отвода зарядов статического электричества засыпку гранулолота в скважину из мешков или зарядной машины следует производить через металлическую воронку с сеткой, вставленной в устье скважины.

В процессе пневматического транспортирования и зарядания гранулолот выделяет вредную для здоровья тротильовую пыль. Предельно допустимая концентрация ее в воздухе рабочей зоны производственных помещений — 1 мг/м³.

По степени опасности при хранении и транспортировании гранулолот относится к группе совместимости D.

Гранулолот должен транспортироваться и храниться в исправной таре. Его необходимо оберегать от воздействия огня, солнечных лучей и атмосферных осадков.

Гарантийный срок хранения для гранулолота высшей категории качества — 2 года, для гранулолота первой категории — 1 год со дня изготовления.

Гранулолот является взрыво-, пожароопасным веществом. Загоревшийся гранулолот следует тушить водой, обильно подаваемой в очаг огня, применять пенные или углекислотные огнетушители. Применять песок запрещается.

Пришедший в негодность и не отвечающий требованиям стандарта гранулолот подлежит уничтожению. Уничтожать непригодный к работе гранулолот следует взрыванием, если есть уверенность в полноте его взрыва. В противном случае гранулолот следует сжигать в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Руководство по применению гранулитов типа АС

Гранулит АС-4 — гранулированное аммиачно-селитренное ВВ II класса. Представляет собой гранулированный продукт серебристо-серого цвета с размером гранул 1 — 3 мм, покрытых пленкой масла и опудренных алюминием. Допущен на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли, с ручным и механизированным заряданием сухих и предварительно осушенных шпуров, скважин, камер.

Пригоден для применения во всех климатических районах России (при температуре не выше 35 °С).

Состав гранулита АС-4, %:

Селитра аммиачная марки А	91,8±1,5
Пудра алюминиевая	4,0+1,0; -0,3
Масло индустриальное	4,2±0,5

Гранулиты АС-4В, АС-8В — промышленные взрывчатые вещества II класса, представляющие собой гидрофобизированные и металлизированные аммиачно-селитренные взрывчатые смеси серого цвета с размером гранул 1 — 3 мм.

Гранулит АС-4В предназначается для взрывания пород средней и повышенной крепости шпуровым и скважинным способом в сухих и мокрых забоях без проточной воды на открытых и подземных разработках, кроме работ в шахтах, опасных по газу и пыли.

Гранулит АС-8В применяется в таких же условиях для взрывания пород крепких и весьма крепких.

Гранулиты выпускаются в непатрированном виде с гарантийным сроком хранения 6 месяцев в бумажной упаковке с применением полиэтиленового мешка-вкладыша, а для районов Крайнего Севера — 12 месяцев. Масса нетто ВВ в мешке должна быть не более 40 кг (при машинной зашивке мешка не более 42 кг).

Гранулит АС-8 — гранулированное аммиачно-селитренное ВВ II класса. Представляет собой гранулированный продукт серебристо-серого цвета с размером гранул 1 — 3 мм, покрытых пленкой масла и опудренных алюминием.

Предназначается для взрывания крепких и весьма крепких пород. Допущен на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли, с ручным и механизированным заряданием сухих и предварительно осушенных шпуров и скважин, камер.

Пригоден для применения во всех климатических районах России (при температуре не выше 35 °С).

Состав гранулита АС-8, %

Селитра аммиачная	89±1,5
Пудра алюминиевая	8,0±0,8
Масло индустриальное	3,0±0,5

Гранулит АС-4, АС-4В, АС-8В, АС-8 недостаточно чувствителен к КД и ДШ, требуют промежуточного детонатора, в качестве которого на открытых работах достаточно одной шашки Т-400Г или другого вида из выпускаемых промышленностью, а на подземных работах одного стандартного патрона аммонита любой марки или детонита.

Засыпку ВВ в скважину из мешков необходимо производить через металлическую воронку с сеткой, вставленную в устье скважины для отвода зарядов статического электричества.

Сухой гранулит при низкой относительной влажности воздуха способен электризоваться при пересыпании и пневмотранспортировании. При работе с ним необходимо строго соблюдать правила защиты от статического электричества: надежно заземлять оборудование, пользоваться проводящими и полупроводящими ($f=10^6$ Ом · см) зарядными шлангами, поддерживать влажность рабочего воздуха и рудничной атмосферы в забое выше 65 % и осуществлять другие мероприятия против опасных зарядов электричества, предусмотренные инструкцией по эксплуатации пневмооборудования или другими соответствующими руководствами.

При работе в сухих условиях необходимо наряду с проведением указанных мероприятий впрыскивать в состав ВВ в процессе пневмотранспортирования и зарядания 3 — 5 % воды.

При пневмозарядании увлажнение ВВ до указанных пределов обязательно во всех случаях.

Для устранения выноса ВВ с строб отработанным воздухом из шпуров и скважин и уменьшения пыления должны соблюдаться оптимальные скорости пневмотранспортирования, использоваться зарядчики с пылеулавливающими устройствами. Оптимальная сытость пневмотранспортирования гранулита — 20 — 25 м/с.

Гранулиты АС-4, АС-8 являются взрыво- и пожароопасными веществами. При загорании гранулитов для ликвидации очагов пожара следует применять средства

пожаротушения, распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок запрещается.

По степени опасности при хранении и транспортировании гранулиты относятся к группе совместимости D.

Их необходимо беречь от воздействия огня и атмосферных осадков.

Засоренные ВВ использовать не разрешается, они подлежат уничтожению.

Уничтожать непригодные к работе гранулиты следует взрыванием, если есть уверенность в полноте их взрывов. В противном случае ВВ следует сжигать или растворять в воде. При растворении в воде нерастворимый осадок следует собрать и уничтожить сжиганием.

Основные взрывчатые и физико-химические показатели гранулита АС-4:

Насынная плотность, г/см ³	0,85–0,90
Критическая плотность заряда, г/см ³	1,3–1,4
Оптимальная плотность заряжения, г/см ³	1,0–1,15
Содержание влаги и летучих веществ, %, не более	0,6
Детонация зарядов в стальной трубе 45 х 2,5 длиной не менее 400 мм от пром. детонатора в бумажной оболочке диаметром 150 мм	полная
Теплота взрыва, ккал/кг	1080
Объем газов, л/кг	907
Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода), л/кг (расчетная)	296
Температура взрыва, °С	3200
Кислородный баланс, %	(+0,41)
Тротилловый эквивалент по теплоте взрыва	1,08
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом №6 ЖВ)	1,08
Скорость детонации, км/с	2,6–3,5
Работоспособность, см ³ , не менее	350–410
Бризантность в стальном кольце от тротиловой шашки массой 5 г, не менее	22–26
Критический диаметр, мм	
— в бумажной оболочке	100–120
— в стальной оболочке	20–25
Чувствительность к удару, %	4–16
Чувствительность к трению, кг/см ²	более 3000

Рассыпчатость гранулита АС-4 гарантируется на протяжении установленных сроков хранения.

Гранулит АС-4 не обладает водоустойчивостью и не пригоден для заряжения в обводненные шпуровые скважины. Для обеспечения безотказности и эффективности взрывания гранулитом необходимо перед заряжением производить очистку шпуров и скважин, полностью заполняя зарядный объем взрывчатым веществом, не допуская в заряде воздушных промежутков и породных пересыпок.

Основные физико-химические и взрывчатые характеристики гранулитов АС-4В и АС-8В:

	АС-4В	АС-8В
Состав, %		
— нефтеспродукт	4,2±0,5	4,0±0,5
— пудра алюминиевая	4,0±0,5	8,0±0,8
— селитра аммиачная	1,8±1,5	88,0±1,5
Допустимая влажность при применении, %	3–4	3–5
Насынная плотность, г/см ³	0,80–0,85	0,85–0,90
Прочность гранул, г/гр	250–350	250–350
Кислородный баланс, %	0,41	–3,3
Теплота взрыва, мДж (ккал/кг)	4,522 (1080)	5,200 (1242)
Удельный объем газов, л/кг	907	849
Работоспособность, см ³	390–410	410–430
Тротилловый эквивалент	1,08	1,2
Бризантность заряда в стальном кольце, мм	22–26	24–28
Скорость детонации, км/с	2,6–3,2	3,0–3,2
Критический диаметр, мм:		
— открытого заряда при насыпной плотности	70–100	70–100
— в прочной оболочке (горной среде)	25–30	25–30
Критическая плотность, г/см ³	1,30–1,35	1,30–1,35
Температура вспышки при пост. температуре с задержкой t° _{мин.} , °С	250–225	250–255
Минимальная масса промежуточного детонатора, г/тритила	5–10	5–10
Чувствительность к удару, %	4–12	8–12
Чувствительность к трению с примесью к ВВ 5% песка, мПа (кгс/см ²)	>300 (3000)	>300 (3000)
Оптимальные скорости пневмотранспортирования при заряжении, м/с	15–25	15–25
Чувствительность к огню	Большая, чем у аммонита №6 ЖВ	То же
Минимальная энергия воспламенения взрывчатыми фракциями ВВ, мДж	1,5–10	1,5–10
Нижний предел взрывоопасной концентрации алюминиевой пудры в воздухе, г/м ³	60	60

Примечание: Меньшие значения влажности относятся к шпуровым зарядам, а большие к скважинным.

Рекомендуемый промежуточный детонатор	Тротиловая шашка 200–400 г или стандартный патрон аммонита
Допустимые температурные условия хранения и применения	Пригодны для всех климатических районов бывшего СССР
Водоустойчивость	Выдерживают замочку в зарядах в непроточной воде до 2 часов
Газовая вредность в зависимости от условий взрывания	Выделяют от 40 до 85 л/кг ядовитых газов
Слеживаемость при хранении	Сохраняют рассыпчатость в нормальных условиях хранения
Способность к электризации при пневмотранспортировании	Электризуются в благоприятных для этого условиях. Требуют мер защиты

Основные взрывчатые и физико-химические показатели гранулита АС-8:

Насыпная плотность, г/см ³	0,65–0,95
Критическая плотность заряда, г/см ³	1,3–1,4
Оптимальная плотность заряжения, г/см ³	1,1–1,2
Содержание влаги и летучих веществ, % не более	0,6
Детонация зарядов: в стальной трубе 45 x 2,5 длиной не менее 400 мм от промежуточного детонатора или в бумажной оболочке диаметром, равном 120 мм	полная
Теплота взрыва, ккал/кг	1248
Объем газов, л/кг	847
Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода, л/кг (расчетная)	273
Температура взрыва, °С	3200
Кислородный баланс, %	(+0,34)
Тротильный эквивалент по теплоте взрыва	1,25
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом №6 ЖВ)	1,13
Скорость детонации, км/с	3,0–3,6
Работоспособность, см ³	410–430
Бризантность в стальном кольце от тротильной шашки, массой 5 г, мм	24–28
Критический диаметр, мм	
— в бумажной оболочке	80–100
— в стальной оболочке	18–25
Чувствительность к удару, %	8–12
Чувствительность к трению, кгс/см ²	более 3000

Руководство по применению аммонита №6 ЖВ

Аммонит №6 ЖВ представляет собой порошкообразное аммиачно-селитренное ВВ средней мощности желтоватого цвета II класса. Допущен к применению в горной промышленности на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли, с заряданием вручную. Предназначается для взрывания пород средней крепости в сухих и обводненных забоях.

Аммонит №6 ЖВ выпускается в порошке, в патронах диаметром 31 – 32 мм массой 200 и 250 г и по ТУ 84202-76 диаметрами 45 – 120 мм, массой 0,81 – 5,75 кг.

Состав аммонита №6 ЖВ, %

Селитра аммиачная водоустойчивая	79±1,5
Тротил	21±1,5

Основные физико-химические показатели:

Плотность аммонита в патроне, г/см ³	1,0–1,20
Насыпная плотность, г/см ³	0,8–0,85
Критическая плотность детонации, г/см ³	1,40–1,50
Бризантность, мм, не менее	14–16
Работоспособность, см ³ , не менее	365–360
Скорость детонации, км/с	3,6–4,8
Передача детонации на расстоянии между двумя патронами:	
— сухими, не менее, см	5
— после выдержки в воде в течение 1 часа, не менее, см	3
Критический диаметр детонации открытого заряда, мм	10–13

Тротильный эквивалент по теплоте взрыва	1,0,3
Эквивалент по идеальной работе взрыва	1,0
Чувствительность к удару, %	16–32
Чувствительность к трению, кгс/см ²	2335
Кислородный баланс, %	(–0,53)
Теплота взрыва, ккал/кг	1030
Объем газов, л/кг	895
Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода), л/кг	65
Температура взрыва, °С	2960
Длина патронов, мм, при массе ВВ в патроне, г	200 208–265 250 260–331

Засыпку в скважину ВВ из мешков необходимо производить через металлическую воронку с сеткой, вставленную в устье скважины для отвода зарядов статического электричества.

Для ручного рыхления слежавшегося аммонита в мешках должна применяться деревянная кувалда.

Аммонит №6 ЖВ безотказно детонирует при иницировании его капсюлем-детонатором или электродетонатором. Для обеспечения безотказности и эффективности взрывания не допускать при зарядке шпуров и скважин воздушных промежутков и породных пересыпаний.

Гарантийный срок хранения аммонита №6 ЖВ — 6 месяцев в бумажной упаковке и 12 месяцев при упаковке с полиэтиленовым вкладышем.

Аммонит №6 ЖВ в течение срока хранения должен сохранять порошкообразное состояние — легко разминаться от усилия руки. Периодические испытания проводятся в конце гарантийного срока хранения и не реже, чем через каждые 3 месяца после его истечения.

ВВ считается выдержавшим испытания, если при двух опытах будет получена передача детонации от взрыва патрона боевика ко второму патрону и если оба патрона полностью взорвутся. При наличии хотя бы одного отказавшего патрона при расстоянии между патронами 5 см производят повторные испытания с удвоенным количеством опытов. Если при повторном испытании не будет получена полная детонация хотя бы в одном из четырех опытов, то взрывчатое вещество бракуется и не допускается для производства взрывных работ.

Аммонит №6 ЖВ является взрыво- и пожароопасным веществом. При его загорании для ликвидации очагов пожара следует применять средства пожаро-

тушения: распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок и кошку запрещается.

Допустимое содержание влаги и летучих веществ в аммоните №6 ЖВ не более 0,2 %. В пределах гарантийного срока хранения допускается увеличение влажности не более 0,5 %. При работе аммонит выделяет вредную для здоровья взрывоопасную тротилловую пыль. Предельно допустимая концентрация ее в воздухе 1 мг/м³, нижний предел взрывоопасной концентрации аэрозоля аконита — №6 ЖВ 12 г/м³, минимальная энергия воспламенения — не ниже 2,8 мДж.

При работе с аммонитом №6 ЖВ следует применять индивидуальные защитные средства от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения.

По степени опасности при хранении и транспортировании аммонит №6 ЖВ относится к группе совместимости D. Он должен храниться и перевозиться в исправной таре. Его необходимо оберегать от воздействия огня и атмосферных осадков. Уничтожать непригодный к работе аммонит №6 ЖВ следует взрыванием, если есть уверенность в полноте его взрыва. В противном случае ВВ следует сжигать или растворять в воде. При растворении в воде нерастворимый осадок следует собрать и уничтожить сжиганием.

Руководство по применению аммонитов типа АТ

Аммониты АТ представляют собой порошкообразные аммиачно-селитренные ВВ для взрывной обработки металлов на земной поверхности.

Аммониты АТ выпускаются по ТУ 84-768-78 в непатронированном виде с гарантийным сроком хранения 12 месяцев с применением при укупорке полиэтиленового мешка-вкладыша. Масса нетто ВВ в мешке должна быть не более 40 кг (при машинной зашивке мешка допускается не более 42 кг).

Состав аммонитов АТ

Наименование компонентов	Норма, %, для аммонита АТ		
	АТ-1	АТ-2	АТ-3
Тротил	3±1,0	5±1,0	7±1,0
Аммиачная кристаллическая водостойчивая селитра или смесь устойчивой селитры с аммиачной селитрой	97±1,0	95±1,0	93±1,0

Массовая доля аммиачной кристаллической водостойчивой селитры и аммиачной селитры устанавливается регламентом технологического процесса.

Критическая плотность детонации, кг/м ³	1400–1500
Теплота взрыва, Дж/кг	3700–3800
Критическая толщина детонации, мм	10–20
Объем газов, л/кг	920–930
Наемная плотность, кг/м ³	850–900
Бризантность, мм	7–13
Скорость детонации, км/с	1,5–3,8
Чувствительность к трению, мПа	5,9
Чувствительность к удару, %	4–8
Кислородный баланс, %	13–17
Газовая вредность (расчетная), л/кг	70–80
Работоспособность, мл	270–285

Аммониты АТ безотказно детонируют от промежуточного детонатора, в качестве которого достаточно одного патрона из аммонита №6 ЖВ. Однако возможно их инициирование капсюля-детонатора №8 или электродетонатора ЭД-8.

При проведении сварки (или другого вида металлообработки) на металлической заготовке устанавливается деревянная или картонная форма, соответствующая размеру заряда ВВ. В форму засыпается аммонит АТ и разравнивается по ней для обеспечения требуемых геометрических размеров заряда. При этом во избежание уплотнения заряда необходимо воздержаться от встряхивания формы. В подготовленный таким способом заряд помещается промежуточный детонатор (место расположения определяется технологией сварки), в торцовую часть которого вставляет ЭД-8 (55-8).

Гарантийный срок хранения аммонитов АТ — 13 месяцев при упаковке с применением полиэтиленового мешка-вкладыша.

Аммониты АТ в течение срока хранения должны сохранять порошкообразное состояние, легко разминаясь от усилия руки.

Аммониты АТ являются взрыво- и пожароопасными веществами. При их загорании для ликвидации очагов пожара следует применять средства пожаротушения: распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок, кошку запрещается. При работе аммониты выделяют вредную для здоровья взрывоопасную тротилловую пыль. Предельно допустимая концентрация ее в воздухе 1 мг/м³, нижний предел взрывоопасной концентрации аэрозолей ам-

монитов — 12 г/м³, минимальная энергия воспламенения не ниже 2,8 мДж. При работе с аммонитами АТ следует применять индивидуальные защитные средства от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения.

По степени опасности при хранении и транспортировании аммониты АТ относятся к группе совместимости D. Они должны храниться и перевозиться в исправной таре. Их необходимо оберегать от воздействия огня и атмосферных осадков.

Уничтожать непригодные к работе аммониты следует взрыванием, если есть уверенность в полноте взрыва. В противном случае ВВ следует сжигать или растворять в воде. При растворении в воде нерастворимый осадок следует собрать и уничтожить сжиганием.

Руководство по применению детонита М

Детонит М представляет собой мощное порошкообразное аммиачно-селитренное ВВ, сенсibilизованное нитроэфирами, II класса. Допущен к применению в горной промышленности на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли, с заряданием вручную.

Предназначается для взрывания крепких и трудновзрывае­мых пород в сухих и обводненных условиях. Может храниться и применяться во всех климатических районах России.

Детонит М выпускается по ГОСТу 21986 в патронах диаметром 27 — 28 мм, 31 — 32 мм, 36 — 37 мм. Патроны должны быть покрыты сплошным слоем влагоизолирующей смеси из парафина с петролатумом. Не допускается высыпание ВВ с торцов влагоизолированных патронов, затекания влагоизолирующего состава внутрь патрона, образование на торцах патронок пробок из влагоизолирующего вещества, а также углубление торцов патронов более чем на 7 мм.

Состав детонита М, %

Селитра аммиачная водостойчивая	78±2,0
Нитроэфир	10±1,0
Пудра алюминиевая	10,7±1,0
Стсерат кальция или цинка	1,0±0,3
Хлопок коллоидный	0,3±0,05
Сода кальцинированная, % (сверх 100 %)	0,2±0,3
Масло индустриальное (сверх 100 %)	0,2±0,3

Основные физико-химические и взрывчатые показатели детонита М:

Плотность ВВ в патроне, г/см ³	0,95—1,2	
Критическая плотность, г/см ³	1,6	
Работоспособность, см ³ , не менее	450	
Бризантность мм, не менее	17—18	
Скорость детонации, км/с	4,2—5,0	
Передача детонации на расстоянии между двумя патронами, см, не менее:		
сухими для диаметра, мм: — 27—28	6/7	
— 31—32	8/9	
— 36—37	10/11	
после выдержки в воде в течение 1 час для диаметров, мм: — 27—28	4/5 31	
— 31—32	5/7	
— 36—37	6/8	
Критический диаметр детонации, мм:		
— открытого заряда	6—10	
— в прочной оболочке	5	
Тротильный эквивалент по теплоте взрыва	1,38	
Эквивалент по идеальной работе взрыва (сравнительно с аммонитом №6 ЖВ)	1,25	
Чувствительность к удару, %	40—60	
Чувствительность к трению, кгс/см ²	1525—1930	
Кислородный баланс, %	+0,18	
Теплота взрыва, ккал/кг	1382	
Объем газов, л/кг	832	
Газовая вредность (количество ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода), л/кг (расчетная)	240	
Температура взрыва, °С	3400	
Длина патронов, мм:		
диаметр, мм; масса, г		
27—28	150	203—276
	200	271—368
31—32	200	205—279
	250	260—348
36—37	250	194—257
	300	214—295
Содержание влаги и летучих веществ, %, не более		0,5/0,3

Детонит М безотказно детонирует при инициировании его капсюлем-детонатором №8 или электродетонатором. При работе с ним допускается только ручное зарядание. Запрещается перед досыпкой патронов в шпур надрезать оболочку и раздавливать их с помощью деревянного забойника.

Для обеспечения безотказности и эффективности взрывания необходимо перед заряданием очистить от буровой мелочи, не допуская в заряде воздушных промежутков и породных пересыпок.

Гарантийный срок хранения детонита М — 6 месяцев в бумажной упаковке и 12 месяцев при упаковке с полиэтиленовым вкладышем. Детонит М в течение срока хранения должен сохранять порошкообразное состояние и легко разминаться от усилия руки.

Не допускается эскудат нитроэфиров в виде жидких капель и полос жидкости на внешней поверхности гильзы. При разворачивании бумажной оболочки патрона не должно быть следов жидкости на внутренней стороне бумажной оболочки. Допускается только наличие блестящей полоски шириной не более 6 мм на стыке внутреннего края бумажной оболочки патрона с налегающим на него следующим слоем бумаги. При обнаружении признаков эскудации жидких нитроэфиров детонит М подлежит немедленному уничтожению.

При проверке на передачу детонации ВВ считается выдержавшим испытание, если при двух опытах будет получена передача детонации от взрыва патрона-боевика ко второму патрону и если оба патрона полностью взорвутся.

При наличии хотя бы одного отказавшего патрона производят повторные испытания с удвоенным количеством опытов.

Если при повторном испытании не будет получена полная передача детонации хотя бы в одном из четырех опытов, то взрывчатое вещество бракуется и не допускается для производства взрывных работ.

При обращении с детонитом М необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- во избежание головных болей у персонала не допускать соприкосновения порошка детонита с незащищенной кожей рук и других частей тела. При работе с ним рекомендуется пользоваться резиновыми перчатками, применять индивидуальные защитные средства.
- в зимний период времени (при низких температурах, ниже -19°C) детонит М должен выдерживаться в теплом помещении при температуре не выше $+30^{\circ}\text{C}$ до восстановления сыпучей структуры в течение двух суток при открытой крышке ящика.

Детонит М является взрыво- и пожароопасным веществом. При его загорании для ликвидации очагов пожара следует применять средства пожаротушения: распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок запрещается.

По степени опасности при хранении и транспортировании детонит М относится к группе совместимости D. Он должен перевозиться и храниться в исправной таре. Его необходимо оберегать от воздействия огня и атмосферных осадков.

Уничтожать непригодный к работе детонит М следует взрыванием, если есть уверенность в полноте его взрыва. В противном случае сжигать.

Руководство по применению гексопласта — 87К (ГП-87К)

Гексопласт-87К представляет собой пластичное листовое взрывчатое вещество, обладающее стабильностью физико-химических и взрывчатых свойств в интервалах температур от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$.

ГП-87К предназначен для использования в качестве накладных зарядов при различных взрывных работах, требующих применения ВВ с высокой скоростью детонации.

Взрывчатые характеристики гексопласта:

Скорость детонации, м/с	не менее 7000
Чувствительность к удару по ГОСТу 4545-48 (при Р — 10 кг, Н — 25 см), %	не менее 60
Нижний предел чувствительности к трению на приборе F-44-111, кгс/см ²	3000

Гарантийный срок использования — 12 месяцев со дня изготовления. Инициирование гексопласта производится как от капсюля-детонатора №8 (ГОСТ 6254-80), так и от электродетонатора (ГОСТ 9089-75) и высоковольтного электродетонатора марки ЭДВ. Детонаторы вставляются в массу листа на 2/3 своей длины так, чтобы их ось делила толщину листа пополам и была направлена параллельно плоскости листа. Листы гексопласта раскраиваются на элементы нужных размеров с помощью ножа из цветного металла. Раскройка должна производиться на столе с деревянной или пластмассовой рабочей поверхностью. Гексопласт, прошедший в негодность, подлежит уничтожению взрыванием. Для этого должны быть приняты меры, исключающие возможность поражения ударными и сейсмическими волнами людей, а также зданий и сооружений. Если из-за местных условий нет возможности производить взрывание, то уничтожение производится сжиганием. При этом должны быть предусмотрены меры против возможного перехода горения ВВ в детонацию: ограничено количество одновременно сжигаемого ВВ до 2 кг, рассредоточено ВВ па площадке сжигания, исключена возможность попадания капсюля-де-

тонатора и обрезков детонирующего шнура в сжигаемое ВВ. По условиям хранения и перевозки гексопласт-87К относится к группе совместимости D.

Руководство по применению шашек-детонаторов Т-400Г

Шашки-детонаторы Т-400Г прессованные тротиловые гидроизолированные допущены к применению в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных зарядов малочувствительных промышленных взрывчатых веществ, а также в качестве взрывчатого вещества в соответствующих условиях на открытых работах.

Шашки-детонаторы Т-400Г выпускаются двух типов: прессованные гидроизолированные тротиловые для взрывания в скважинах любой обводненности, в том числе с проточной водой, со сроком нахождения зарядов в воде до шести суток при гидростатическом давлении до $= 0,2$ МПа (2 кгс/см²); то же при гидростатическом давлении $= 0,1$ МПа (1 кгс/см²).

Шашки-детонаторы Т-400Г пригодны для применения во всех климатических районах России.

Шашки-детонаторы Т-400Г выпускаются массой 400 г.

Каждая шашка-детонатор должна содержать маркировку предприятия следующего содержания:

- товарный знак или условное наименование предприятия-изготовителя;
- номер партии;
- год изготовления (две последние цифры);
- номер шашки-детонатора.

Шашки-детонаторы Т-400Г должны быть покрыты по всей поверхности (включая поверхность канала) сплошным тонким гидроизолирующим слоем парафино-петролатунной смеси, содержащей 70 – 80 % парафина и 30 – 20 петролатума.

Покрытие должно прочно держаться на поверхности шашек-детонаторов, допускаются наплывы гидроизолирующего состава (заклужением поверхности каналов).

Шашки-детонаторы Т-400Г по степени опасности при хранении и транспортировании относятся к группе совместимости D. Они должны храниться и пере-

возиться в исправной таре. Их необходимо оберегать от воздействия огня и атмосферных осадков. Материал шашек является пожаро- и взрывоопасным и имеет следующие характеристики:

Наименование показателей	Тротил	Смесь тротила	
		с гексогеном	с тэном
Температура вспышки, °С	295	225	215
Чувствительность к удару по ГОСТу 4545-48, %	4-8	30	40
Чувствительность к трению, гкс/см ²	2800	1420	1200

При любых операциях с шашками-детонаторами должна соблюдаться максимальная осторожность: нельзя допускать ударов и трения. При монтаже шашек-детонаторов не допускается их сверление, скобление, разбивка.

При поступлении шашек-детонаторов на склады ВМ проводятся проверки: внешнего вида, целостности упаковки и состояния маркировки тары, наличия пломб. Кроме того, в соответствии с ведомственными методиками (инструкциями) производятся испытания шашек на определение пригодности их для хранения при взрывных работах.

Полнота детонации шашек-детонаторов определяется следующим образом: в емкость для замочки образцов с водой погружают шашки-детонаторы Т-400Г, создают соответствующее давление и выдерживают в течение шести суток. По истечении этого срока давление в емкости сбрасывают, шашки-детонаторы извлекают и испытывают их на полноту детонации. Время с момента извлечения шашек из емкости до их подрыва не должно превышать 0,5 ч. или шашки-детонаторы должны храниться под водой.

Для надежного возбуждения шашки-детонаторы должны быть смонтированы с детонирующим шнуром и в соответствии со схемами (для шашек Т-400Г).

Допускаются схемы соединения шашек с ДШ, обеспечивающие надежность инициирования.

К одному концу детонирующего шнура подсоединяют шпагатом или изоляцией капсюль-детонатор, устанавливают на подрывной площадке и производят взрывание. О полноте детонации судят по наличию углубления в грунте и отсутствию остатков ВВ.

Гарантийный срок хранения шашек-детонаторов устанавливается на два года со дня изготовления. По истечении гарантийного срока хранения и не реже, чем через каждые шесть месяцев после его истечения, шашки перед их использованием проверяют на соответствие требованиям настоящего стандарта.

При несоответствии шашек-детонаторов требованиям стандарта они подлежат уничтожению только подрывом в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах»

Материал шашек-детонаторов является взрыво- и пожароопасным, токсичным веществом. Предельно допустимая концентрация тротила и гексогена в воздухе рабочей зоны производственных помещений — 1 мг/м³.

При работе с шашками следует применять индивидуальные средства защиты от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки и проникновения в органы дыхания, пищеварения, а также соблюдать правила личной гигиены.

Руководство по применению шашек ТП-400

Прямоугольные тротиловые прессованные шашки ТП-400 массой 400 г выпускаются по ГОСТ 84-1366-76 и используются в качестве взрывчатых веществ при сейсмических работах, а также при других видах геофизических работ на дневной поверхности в сухих и обводненных условиях и пригодны для применения во всех климатических районах России. Шашки используются также в качестве промежуточных детонаторов при проведении открытых взрывных работ горного и негорного характера. Время нахождения шашек в скважине в обводненных условиях при внешнем давлении 0,5 мПа (5 кгс/см²) не более 10 сут.

Подрыв шашек осуществляется капсулем-детонатором по ГОСТу 6254-80 или электродетонатором по ГОСТу 9089-75, вставляемым в специальное гнездо, глубиной 65±3 мм и диаметром 7,7+0,58 мм, выполненное с торца шашки.

Капсуль-детонатор или электродетонатор должны полностью утопать в гнезде. В обводненных условиях после помещения капсуля-детонатора или электродетонатора в гнездо необходимо шашку плотно

замазать сверху гидроизолирующей мастикой (или солидолом).

Прямоугольные шашки ТП-400 хранят в течение двух лет. По истечении гарантийного срока хранения шашек перед использованием их проверяют на полноту детонации.

При любых операциях с шашками должна соблюдаться максимальная осторожность: нельзя допускать ударов и трения.

В процессе монтажа не допускается сверление, скобление, разбивка.

Шашки необходимо оберегать от прямых солнечных лучей, огня и нагревания.

Материал прессованных шашек является взрыво- и пожароопасным, токсичным веществом.

По степени опасности при хранении и перевозке шашки ТП-400 относятся к группе совместимости D. При работе с шашками следует применять спецодежду.

При несоответствии прессованных шашек требованиям стандарта они подлежат уничтожению, которое необходимо производить только подрывом в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Руководство по применению электродетонаторов типа ЭД-8

Электродетонаторы типа ЭД-8 предназначены для взрывания зарядов взрывчатых веществ.

Электродетонаторы перед выдачей их в работу должны быть проверены на соответствие их сопротивлений пределам, указанным на этикетке упаковочной тары.

В качестве источника тока для электродетонаторов допускается применять взрывные машинки конденсаторного типа, постоянный и переменный ток стандартной частоты. При взрывании электродетонаторов в группах от взрывных приборов общее сопротивление электровзрывной сети не должно превышать пределов, указанных в документации на взрывные приборы.

Величина постоянного тока для последовательного соединения электродетонаторов до 100 шт. в группу должна быть 1 А, при соединении до 300 шт. в группу — 1,3 А в случае применения переменного тока — 2,5 А.

Безопасный постоянный ток для электродетонаторов типа ЭД-8 — 0,18 А.

При соединении электродетонаторов в группу места соединения проводов должны быть надежно изолированы.

Электродетонаторы должны храниться в закупоренном виде в проветриваемых складских помещениях в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Гарантийный срок хранения электродетонаторов без изменения их боевых качеств — не более двух лет, после чего электродетонаторы должны быть повторно испытаны на соответствие требованиям настоящего стандарта по внешнему виду и электрическому сопротивлению.

Контрольно-измерительные приборы, применяемые при испытаниях электродетонаторов, должны посылать в электровзрывную сеть ток силой не более 50 мА.

Руководство по применению электродетонаторов ЭД-1-3-Т и ЭД-1-8-Т

Электродетонаторы предназначены для одиночного или группового взрывания на открытых разработках, в шахтах, рудниках, опасных в отношении зарядов статического электричества и блуждающих токов, не опасных по газу и пыли, в сухих и обводненных местах, а также для импульсной обработки металлов.

У электродетонаторов с замедлением на бирках указан номер серии, соответствующий времени заземления электродетонаторов (см. табл. 1), и буква «Т», что означает защиту от блуждающих токов до 1 А и зарядов статического электричества до 10 кВ.

Дополнительно донная часть и боковая поверхность гильзы электродетонаторов в зависимости от серии замедления окрашены в различные цвета.

Электрическое сопротивление электродетонаторов с длиной проводов от 2000 до 4350 мм должно быть в пределах от $0,50 \pm 0,03$ до $1,34 \pm 0,03$ Ом.

Потребитель обязан проводить на расходных складах предприятий, ведущих взрывные работы, проверку электродетонаторов в соответствии с требованиями, утвержденными «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Таблица 1

Обозначение серий замедления	Отличительная окраска замедления		Высота окраски, мм	Время окраски, мс	Время замедления, с
	со стороны дна гильзы	со стороны дульца гильзы			
1	Черная		15–20	20	
2	Красная		15–20	40	
3	Серая		15–20	60	
4	Зеленая		15–20	80	
5	Коричневая		15–20	100	
6	Желтая		15–20	120	
7	Белая		15–20	140	
8	Синяя		15–20	160	
9	Фиолетовая		15–20	180	
10		Черная	15–20	200	
11		Красная	15–20	225	
12		Серая	15–20	250	
13		Зеленая	15–20	275	
14		Коричневая	15–20	300	
15		Желтая	15–20	350	
16		Белая	15–20	400	
17		Синяя	15–20	450	
18		Фиолетовая	15–20	500	
19	Черная		3–5	600	
20	Красная		3–5	700	
21	Серая		3–5	800	
22	Зеленая		3–5	900	
23	Коричневая		3–5	1000	
24	Желтая		3–5	—	1,5
25	Белая		3–5	—	2,0
26	Синяя		3–5	—	4,0
27	Фиолетовая		3–5	—	6,0
28	Красная				
Черная		15–20			
3–5	—	8,0			
29	Белая				
Синяя		15–20			
3–5	—	10,0			

На расходных складах взрывчатых материалов перед выдачей взрывникам электродетонаторы должны проверяться по внешнему виду и по сопротивлению, указанному на этикетке коробки.

В качестве источников тока для электродетонаторов допускается применять взрывные машинки конденсаторного типа, допущенные Госгортехнадзором России, и постоянный ток. Гарантийный постоянный ток электродетонаторов составляет 6 А. Безопасный постоянный ток электродетонаторов составляет $1,02 \pm 0,02$ А.

Во избежание отказов при групповом взрывании электродетонаторов запрещается совместное применение других марок электродетонаторов.

На расходных складах взрывчатых материалов перед выдачей взрывникам электродетонаторы должны проверяться на соответствие внешнего вида и сопротивления, указанного на этикетке коробки.

В качестве источников тока для электродетонаторов допускается применять взрывные машинки конденсаторного типа и постоянный ток.

При взрывании электродетонаторов от прибора КВП-1/100м или ПИВ-100 м, допущенных Госгортехнадзором, сопротивление взрывной цепи не должно превышать 320 и 380 Ом соответственно.

Гарантийный ток электродетонаторов в случае применения постоянного тока составляет 1 А.

Безопасный постоянный ток электродетонаторов — 0,185 + 0,005 А.

Во избежание отказов при групповом взрывании электродетонаторов совместное применение других марок электродетонаторов запрещено.

При соединении электродетонаторов в группы места соединения проводов должны быть надежно изолированы изоляционной лентой или контактными зажимами.

В качестве нулевой серии для электродетонаторов ЭД-З-Н применять электродетонаторы ЭД-8-Э или ЭД-8-Ж по ГОСТу 9089-75.

Электродетонаторы должны храниться в упакованном виде в сухих проветриваемых складах в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Гарантийный срок хранения электродетонаторов без изменения их боевых качеств — 2,5 года со дня изготовления.

При хранении свыше 2,5 лет партия электродетонаторов должна быть проверена на соответствие настоящим техническим условиям по внешнему виду, по сопротивлению, на безопасный ток и по времени срабатывания.

При получении удовлетворительных результатов испытаний партия допускается к последующему использованию в течение года с момента испытаний.

Пришедшие в негодность электродетонаторы подлежат уничтожению взрыванием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

При отказе электродетонаторов они ликвидируются взрыванием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Переноска должна производиться в специальных сумках (кассетах), допущенных Госгортехнадзором России.

Руководство по применению электродетонаторов с замедлением ЭД

Электродетонатор с замедлением ЭД-КЗ, ЭД-ЗД предназначен для инициирования зарядов взрывчатых веществ при взрывных работах в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли, а также на открытых разработках, в сухих или обводненных местах.

На бирках электродетонаторов должен быть указан номер серии, соответствующий времени замедления электродетонаторов (табл. 4).

Таблица 4

Тип электродетонаторов	Обозначение серии замедления	Время замедления, мс	Номинальное, с
ЭД-КЗ	1	25	—
	2	50	—
	3	75	—
	4	100	—
	5	150	—
	6	250	—
ЭД-ЗД	7	—	0,50
	8	—	0,75
	9	—	1,00
	10	—	1,50
	11	—	2,00
	12	—	4,00
	13	—	6,00
	14	—	8,00
	15	—	10,00

В качестве нулевой серии замедления для электродетонаторов ЭД-КЗ применять электродетонаторы ЭД-8 (ЭД-8-Э, ЭД-8-Ж).

Электрическое сопротивление электродетонаторов ЭД-КЗ, ЭД-ЗД должно соответствовать значениям, указанным в табл. 5.

При поступлении электродетонаторов от заводского поставщика потребитель обязан проводить на базисных складах проверку электродетонаторов по внешнему виду и сопротивлению в объеме 350 штук от каж-

Таблица 5

Тип электровоспламенителя	Длина выводных проводов, мм	Сопротивление электродетонатора, Ом
С эластичным креплением мостика накаливания	От 2000 до 4350	2,0–4,2
С жестким креплением мостика накаливания	От 2000 до 3250 От 3500 до 4350	1,8–3,0 1,8–3,6

дой партии, взятых равномерно из разных ящиков; из них 60 штук испытать на безотказность.

Электродетонаторы не должны иметь трещин, вмятин, раковин, коррозии, нарушения изоляционного слоя проводов с оголением жилы и замыкания на гильзу токопроводящих элементов.

Электрическое сопротивление электродетонаторов должно соответствовать значениям, указанным в табл. 4.

На расходных складах взрывчатых материалов перед выдачей взрывникам электродетонаторы должны проверяться на соответствие сопротивлению, указанному на этикетке коробки, и на отсутствие трещин, вмятин, раковин, коррозии, нарушение изоляционного слоя проводов с оголением жилы.

В качестве источников тока для электродетонаторов допускается применять взрывные машинки и приборы конденсаторного или индуктивного типа и другие источники тока, допущенные Госгортехнадзором России.

При взрывании электродетонаторов в группах от взрывных приборов общее сопротивление электро-взрывной цепи не должно превышать пределов, указанных в документации на взрывные приборы.

В каждый электродетонатор должен поступать ток силой не менее 1 А при количестве одновременно взрывающихся электродетонаторов до 100 шт., не менее 1,3 А при количестве одновременно взрывающихся электродетонаторов до 300 шт., и не менее 2,5 А при взрывании переменным током.

Безопасный постоянный ток электродетонаторов составляет 0,18 А в течение 5 мин.

При соединении электродетонаторов в группы места соединения проводов должны быть надежно изолированы изоляционной лентой или контактными зажимами.

Электродетонаторы должны храниться в упакованном виде в сухих проветриваемых складах в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Гарантийный срок хранения электродетонаторов без применения их боевых свойств — 2 года со дня изготовления.

При хранении свыше 2-х лет электродетонаторы должны быть подвергнуты эксплуатационным контрольным испытаниям.

Пришедшие в негодность электродетонаторы подлежат уничтожению взрыванием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

При отказе электродетонаторов они ликвидируются взрыванием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Переноска электродетонаторов должна производиться в специальных сумках или кассетах, допущенных Госгортехнадзором России.

Руководство по применению детонирующего экстрозионного водостойкого шнура

Детонирующий шнур водостойкий ДШЭ-12Г предназначен для возбуждения сейсмических колебаний при проведении геологоразведочных работ методом линий непрерывных источников (ЛНИ) для передачи детонации на расстояние.

Технические данные:

1. Масса сердцевины на 1 м шнура — 12,5 г продукта по ОСТу 84-1189-76.
2. Скорость детонации — 6000 – 6500 м/с
3. Прочность на разрыв — 100 кгс.
4. Температурный диапазон применения — от – 50 до + 80 °С.
5. Длина ДШ — от 50 до 500 м.

Оболочка шнура — полиэтиленовая композиция, обеспечивающая водостойкость в течение 24 часов на глубине 1 м.

Шнур ДШЭ-12Г аналогичен штатному шнуру ДША, изготовлен с введения операции прокатки.

Шнур ДШЭ-12Г перематывается на расходные барабаны и устанавливается на укладчик. Последний,

двигаясь вдоль намеченной трассы, укладывает шнур на поверхность земли. По окончании укладки к шнуру присоединяют электродетонатор.

Крепление электродетонатора производится шпагатом в начале сети донышком электродетонатора по направлению распространения детонационной волны.

Крепление электродетонатора производится только при полностью соединенной и разложенной схеме.

Соединение отрезков шнура производится морским узлом и внакладку.

При монтаже и раскладке схемы не допускается образование петель, перегибов, острых углов, изменяющих направление детонационной волны.

При получении партий потребителем производится контроль с целью проверки работоспособности изделия.

Правильность упаковки шнура и количество бухт в упаковке проверяют внешним осмотром. Шнур должен быть свернут в бухты. При этом в соответствии с техническими условиями допускаются бухты, состоящие из отдельных отрезков. На концах шнура должны быть одеты обжатые колпачки. Допускаются незначительные наплывы, вмятины, задиры, царапины, не нарушающие герметичности шнура. Объем проверяемых шнуров — 5 % от поступающей партии.

Восприимчивость и полнота детонации проверяют путем 3-кратного подрыва отрезков шнура на поверхности. Два отрезка ДШ длиной по 3 — 5 м каждый присоединяются друг к другу внакладку и подрываются от электродетонатора типа ЭД-8, также подсоединенного к одному из отрезков внакладку.

Детонация всех отрезков должна быть полной. В случае отказов проводят испытания в удвоенном объеме.

При неудовлетворительных результатах повторных испытаний составляется в установленном порядке акт рекламации и возможности дальнейшего использования ДШ определяется совместно с заводом-изготовителем и ВНИПИ взрывгеофизикой.

Шнур транспортируют всеми видами транспорта.

Транспортирование и хранение шнура должны производиться в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах». Перевозка автомобильным транспортом должна осуществляться в

соответствии с «Правилами перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом».

Руководство по применению электророзажигателей огнепроводного шнура ЭЗ-ОШ

Электророзажигатели огнепроводного шнура ЭЗ-ОШ предназначены для зажигания отрезков огнепроводного шнура и черного пороха в сухих местах, кроме шахт, опасных по газу или пыли, а также для задействования патронов зажигательных бумажных ЗП-Б по ТУ 84-206-81, при температуре окружающей среды от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На складах потребителей поступающие партии изделий должны быть проверены наружным осмотром на целостность ящиков и маркировки.

На расходных складах взрывчатых материалов перед выдачей взрывникам изделия должны быть осмотрены по внешнему виду на соответствие требованиям ТУ 84-207-81, при этом не допускаются невосстанавливаемые помятости гильзы, грубые трещины и сколы состава, и проверены по электрическому сопротивлению, которое должно быть в пределах от 1,6 до 3,0 Ом.

При применении в электророзажигатель ЭЗ-ОШ вставляют отрезок огнепроводного шнура (ГОСТ 3470-80) до упора и скрепляют путем обжатая дульца по металлической втулке.

Срезы огнепроводного шнура должны быть сухими, ровными, без висящей оплетки и находиться в одной плоскости. Не допускается попадание воды внутрь гильзы.

В качестве источников тока для электророзажигателей ЭЗ-ОШ разрешается применять взрывные приборы, допущенные в установленном порядке.

Пришедшие в негодность изделия подлежат уничтожению сжиганием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах», аналогично уничтожению огнепроводного шнура.

Безотказный ток при последовательной соединении изделий в случае применения постоянного тока составляет $(1,00 \pm 0,02)$ А.

Безопасный ток изделий составляет $(0,185 \pm 0,005)$ А при пропускании его в течение 5 мин.

Таблица 6

Номер патрона	Условное обозначение патрона	Количество помещаемых отрезков огнепроводного шнура, шт
1	ЗП-Б-1	до 7
2	ЗП-Б-2	6-12
3	ЗП-Б-3	13-19
4	ЗП-Б-4	20-27
5	ЗП-Б-5	28-37

При соединении изделий в группу концы проводов должны быть зачищены, а места соединения проводов должны быть изолированы контактными зажимами, изготовленными по конструкторской документации, утвержденной в установленном порядке.

Два зачищенных провода от двух изделий скрутить между собой двумя-тремя витками, вставить внутрь зажима, который вручную перегибается на 180° и прижать соединение проводов.

Изделия должны храниться в упакованном виде на сухих проветриваемых складах в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Гарантийный срок хранения устанавливается на 1,5 года с даты изготовления в упаковке предприятия-изготовителя.

По истечении гарантийного срока 60 изделий проверяют по внешнему виду и на безотказность действия на соответствие требованиям ТУ 84-207-81.

При удовлетворительных результатах испытаний разрешается применение изделий в течение 6 месяцев после проверки. По истечении 6 месяцев изделия подлежат уничтожению в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах». Переноска изделий должна производиться в специальных сумках (кассетах), допущенных Госгортехнадзором России.

Изделия относятся к группе совместимости С.

Руководство по применению патронов зажигательных бумажных ЗП-Б

Патроны зажигательные бумажные ЗП-Б предназначены для сжигания (с помощью отрезка огнепроводного шнура) пучка отрезков огнепроводного шнура, помещаемого в гильзу, и допускаются к применению в сухих местах, кроме шахт, опасных по газу или пыли, при температуре окружающей среды от -40 °С до +50 °С.

В зависимости от количества помещаемых в патрон отрезков огнепроводного шнура патроны ЗП-Б поставляются одного из пяти номеров, указанных в таблице 6.

На складах потребителей поступающие партии патронов ЗП-Б должны быть проверены наружным осмотром на целостность ящиков и маркировки.

На расходных складах взрывчатых материалов перед выдачей взрывникам патроны ЗП-Б должны быть проверены по внешнему виду на соответствие требованиям ТУ 84-206-81, при этом не допускаются: невосстанавливаемые помятости гильзы, грубые трещины и сколы состава.

При применении в патрон зажигательный бумажный вставляют до упора пучок отрезков огнепроводного шнура (ГОСТ 3470-80), количество которых, в зависимости от номера патрона, должно находиться в пределах, указанных в таблице 6, и закрепляют резиновым кольцом или шпагатом.

Срезы огнепроводного шнура должны быть сухими, ровными, без висящей сплетки и находиться в одной плоскости. Попадание воды внутрь гильзы не допускается. В пучке зажигают один отрезок ОШ.

Патроны ЗП-Б должны храниться в сухих проветриваемых складах в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах», не допускается хранить патроны без упаковки.

Гарантийный срок хранения устанавливается 2 года с даты изготовления в упаковке предприятия-изготовителя.

По истечении гарантийного срока патроны в количестве 60 штук проверяют по внешнему виду и на безотказность действия на соответствие требованиям ТУ 84-206-81.

При удовлетворительных результатах испытаний допускаются к дальнейшему использованию в течение 6 месяцев. По истечении 6 месяцев патроны подлежат уничтожению в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Пришедшие в негодность патроны подлежат уничтожению сжиганием в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах», аналогично уничтожению огнепроводного шнура.

Переноска патронов ЗП-Б должна производиться в специальных сумках (кассетах), допущенных Госгортехнадзором России.

Патроны могут храниться и транспортироваться совместно с взрывчатыми материалами группы совместимости В и D.

Приложение 6

Перечень зарядных комплектов для прострелочных взрывных аппаратов и сейсморазведочных работ

№	Наименование	Номер, дата разрешения (журнального постановления)	Группа совместимости (опасности)	ГОСТ (ТУ)	Особенности, условия применения
1	2	3	4	5	6
Заряды для прострелочных взрывных аппаратов					
1	ДЗС	№04-1-40/309	D	ТУ 84-402-49-90	В скважинах при сейсморазведочных работах
2	ЗПК-45	№4-27/480 от 30.12.81	D	ТУ 41-12-053-90	В перфораторах
3	ЗПК-105-7	397/88, 25.05.88	D	ТУ 41-12-1310-86	В корпусных кумулятивных перфораторах
4	ЗПК-105-Б	200/77, 01.06.77	D	ТУ41-12-101-93	В перфораторах
5	ЗПКО-40Е	№04-1-40/73, от 19.02.90	D	ТУ 41-12-101-93	В перфораторах ПКО-42 повышенного давления
6	ЗПКО-730	№04-7/406, от 13.09.92	D	ТУ 41-12-029-94	В перфораторах
7	ЗПКС	200/77, 01.06.77	D	ТУ 41-12-086-92, ТУ 41-03-714-76, ТУ 41-03-796-77	В перфораторах
8	ЗПП-200	389/88, 18.02.88	D	ТУ 41-12-101-93	В пульсовых перфораторах
9	ЗТШТ	200/77, 01.06.77	D	ТУ 84-253-88	В торпедах
Заряды пороховых генераторов (аккумуляторов) давления					
10	ПГД БК-100М	200/77, 01.06.77	G	ТУ 41-12-123-95	Максимальное давление — 58 мПа, температура 100 °С; время нахождения в предельных условиях до 1 ч.
11	ПГД БК-150	200/77, 01.06.77	G	ТУ 41-12-119-95	Максимальное давление — 58 мПа, температура — 100 °С; время нахождения в предельных условиях до 3 ч.

Приложения

1	2	3	4	5	6
12	ПГД БК-150М	04-1-40/127, 19.05.88	G	ТУ 41-12-012-87	Максимальное давление — 58 мПа, температура — 100°С время нахождения в предельных условиях до 1 ч.
13	АДС-200У	04-1-40/178, 09.06.89	G	ТУ 414-234-87	Максимальное давление — 58 мПа, температура — 100°С время нахождения в предельных условиях по ТУ
Заряды сейсмические					
14	Акванал АМС	№11-22/59, от 09.03.92	D	ТУ 2066498-03-91	В скважинах при сейсморазведочных работах
15	ЗС70И	№11-22/104, от 11.03.93	D	ТУ 41-12-080-91	В скважинах при сейсморазведочных работах
16	ЗУС-Т1.0	№11-22/60, от 09.03.92	D	ТУ 3.7510103-90	В сухих скважинах (гидростатическое давление 5 мПа) при сейсморазведочных работах
Патроны взрывные					
17	ПВГУ	200/77, 01.06.77	B	1500-000 ТУ, ТУ 84427-73, ТУ 41-366-71	Для возбуждения детонации зарядов торпед, перфораторов и др. изделий при прострелочных работах
18	ПГ-170	315/84, 19.12.84	B	ТУ 41-03-1186-84	Для инициирования зарядов при прострелочно-взрывных работах
19	ПВПД-М	№04-1-40/177 от 02.06.89	B	ТУ 84-1212-90	Для инициирования зарядов в корпусных кумулятивных перфораторах
20	ПВПД-Н	№11-22/174, от 19.05.92	B	ТУ ДИШВ 773955.501	Для применения в защищенной системе взрывания в негерметичных перфораторах
Шашки для сейсморазведочных работ					
21	ГТП-500-КГ	№10-03/125, от 03.03.95	D	ТУ 75-11903-525-91	В скважинах при геофизических работах в сейсморазведке
22	ГТПП-400, ГФПП-400	№11-22/364, от 22.07.93	D	ТУ 7511903-623-93	В скважинах при геофизических работах в сейсморазведке

Приложение 7

Перечень средств маркировки капсулей-детонаторов и электродетонаторов

п/п	Наименование прибора. Исполнение	Номер свидетельства (разрешения), дата допуска	Назначение и область применения
1	2	3	4
1	Маркировочная головка МГД	Разрешение № 04-35/49 от 14.02.96	Нумерация капсулей-детонаторов и электродетонаторов, используемых на земной поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по газу или пыли
2	Маркиратор МКД-БЭИЗ-М	Разрешение № 414/91 от 10.06.91	Нумерация капсулей-детонаторов и электродетонаторов в металлических гильзах, используемых на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли

Часть 1. Взрывные работы на земной поверхности

1	2	3	4
3	Маскировочная головка (черт. ЛД 07.77 1.00.00.00)	Постановление № 48 от 05. 10.84	Нумерация капсулей-детонаторов и электродетонаторов, используемых на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу или пыли

Приложение 8

Перечень смесительно-зарядных устройств

п/п	Наименование устройства	Дата и номер журнального постановления	Назначение, условия применения
Смесительно-зарядочные машины			
1	Акватол 1УГ	№ 11-22/8 от 27.01.92	Для изготовления водосодержащих ВВ и заряжания ими скважин на земной поверхности
	Акватол 3	№ 398/88 от 02.09.88	Для изготовления водосодержащих ВВ и заряжания ими скважин на земной поверхности
3	Акватол 3М	№08-10/125 от 04.03.96	Для изготовления акватолов и заряжания ими скважин на земной поверхности
4	МЗ-3ВА	№05-1-40/116 от 15.05.90	Для изготовления и перевозки водосодержащих ВВ и заряжания ими скважин на земной поверхности
5	МЗВ-8	№05-1-40/16 от 19.01.90	Для изготовления порэммитов и заряжания ими скважин на земной поверхности
6	МЗВ-20	№ 404/89 от 04.04.89	Для изготовления порэммитов и заряжания ими скважин на земной поверхности
7	Порэммит- 1У	№367/87 от 28.01.87	Для изготовления порэммитов и заряжания ими скважин на земной поверхности
8	МЗ-3В	№179/76 от 03.06.76	Для перевозки и изготовления водосодержащих ВВ и заряжания ими скважин на земной поверхности
9	МЗ-3Б-В и МЗ-4В	№05-1-40/202 от 28.05.91	Для перевозки компонентов гранулированных ВВ, изготовления таких ВВ и заряжания ими скважин на земной поверхности
10	СЗМ-8	№11-22/119 от 13.04.92	Для изготовления порэммита и заряжания им скважин на земной поверхности
Смесительные установки			
1	Стационарная установка типа "Автосмеситель"	№08-10/403 от 01.08.95	Для приготовления углесодержащих гранулированных ВВ типа Д-5 на земной поверхности
2	Стационарная установка УИ-2	№02-1-40/511 от 14.12.87	Для приготовления взрывчатых веществ типа АС-ДТ на земной поверхности и в подземных выработках, не опасных по газу или пыли

Часть 2

**МЕТОДЫ И ПАРАМЕТРЫ
ПРОВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

1.1. Классификации грунтов

Классификация грунтов вв СНиПу

Оперативное нормирование буровзрывных работ на поверхности производится с учетом физико-механических свойств грунтов. Наиболее широкое распространение получила классификация физико-механических свойств грунтов в зависимости от результатов пробного бурения 1 м шпура бурильными молотками средней массы (классификация по СНиПу), по которой определяется группа грунтов.

Грунт — обобщенное наименование всех видов горных пород, являющихся объектом инженерно-строительной деятельности человека.

Таблица 1.1.

Классификация грунтов по СНиПу

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПР-20Л, мин	Группа грунтов (пород)
1	2	3	4
Алевролиты:			
низкой прочности	1500	3,1	IV
малопрочные	2200	3,2-3,9	V
ангидрид прочный	2900	4-5,3	VI
Аргиллиты:			
плитчатые, малопрочные	2000	3,2-3,9	V
массивные, средней прочности	2200	4-5,3	VI
бокситы средней прочности	2600	4-5,3	VI
гипс малопрочный	2200	<3,1	IV
Глина:			
мягко- и тугопластичная без примесей	1800	-	II

Продолжение таблицы 1.1.

1	2	3	4
то же, с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора до 10%	1750	—	II
то же, с примесью более 10%	1900	—	III
полутвердая	1950	—	III
твердая	1950–2150	—	IV
Гравийно-галечные грунты при размере частиц:			
< 80 мм	1750	—	II
> 80 мм	1950	—	III
Грунт растительного слоя:			
без корней и примесей	1200	—	I
с корнями кустарника и деревьев	1200	—	II
с примесью гравия, щебня или строительного мусора до 10%	1400	—	II
Грунты вечномёрзлые и многолетнемёрзлые моренные, аллювиальные; делювиальные и пролювиальные отложения:			
растительный слой, торф, заторфованные грунты;	1150	—	IV
пески, супеси, суглинки и глина без примесей	1750	—	IV
Грунты ледникового происхождения (моренные), аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения:			
моренная глина с содержанием крупнообломочных включений до 10%	1800	—	III
пески, супеси и моренные суглинки с содержанием крупнообломочных включений до 10%	1800	—	II
то же, с содержанием крупнообломочных включений от 10 до 35%	2000	—	IV
то же, с содержанием крупнообломочных включений от 10 до 35%	2000	—	IV
грунты всех видов с содержанием крупнообломочных включений от 35 до 50%	2100	—	V
то же, с содержанием крупнообломочных включений от 50 до 65%	2300	—	VI
то же, с содержанием крупнообломочных включений более 65%	2500	—	VII
пески, супеси, суглинки и глины с примесью гравия, гальки, дресвы и щебня до 20% и валунов до 10%	1950	—	V
моренные грунты, аллювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений до 35%	2000	—	V
то же, с примесью гравия, гальки, дресвы, щебня более 20% и валунов более 10%, гравийно-галечные и щебиристо-дресвяные грунты, а также моренные грунты, аллювиальные, делювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений от 35 до 50%	2100	—	IV

Продолжение таблицы 1.1.

1	2	3	4
Грунты ледникового происхождения (моренные), аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения:			
моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения	2300	—	VII
с содержанием крупнообломочных включений от 50 до 65%	2300	—	VII
то же, с содержанием крупнообломочных включений более 65%	2500	—	VIII
Диабаз:			
сильновыветрившийся, малопрочный	2600	6,8–9	VIII
слабовыветрившийся, прочный	2700	9,1–11,4	IX
не затронутый выветриванием, очень прочный	2800	11,5–15,2	X
не затронутый выветриванием	2900	≥ 15,3	XI
Доломит:			
мягкий, пористый выветрившийся, средней прочности	2700	4–5,3	VI
прочный	2800	5,4–6,7	VII
очень прочный	2900	6,8–9	VIII
дресва в коренном залегании (элювий)	2000	3,2–3,9	V
дресвяный грунт	1800	< 3,1	IV
Змеевик (сепантии):			
выветрившийся, малопрочный	2400	3,2–3,9	V
средней прочности	2500	4–5,3	VI
прочный	2600	5,4–6,7	VII
Известняк:			
выветрившийся, малопрочный	1200	3,2–3,9	V
мергелистый, средней прочности	2300	4–5,3	VI
мергелистый, прочный	2700	5,4–6,7	VII
доломитизированный, прочный	2900	6,8–9	VIII
окварцованный, очень прочный	3100	9,1–11,4	IX
Кварцит:			
сильновыветрившийся, средней прочности	2500	5,4–6,7	VII
средневыветрившийся, прочный	2600	6,8–9	VIII
слабовыветрившийся, очень прочный	2700	9,1–11,4	IX
невыветрившийся, очень прочный	2800	11,5–15,2	X
невыветрившийся, мелкозернистый, очень прочный	3000	≥ 15,3	XI
Конгломераты и брекчии:			
на глинистом цементе, средней прочности	2100	3,1–3,9	V
на известковом цементе, прочные	2300	4–5,3	VI
на кремнистом цементе, прочные	2600	5,4–6,7	VII
то же, очень прочные	2900	6,8–9	VIII
Коренные глубинные породы (граниты, гнейсы, диориты, сиениты, габбро и др.):			
крупнозернистые, выветрившиеся и дресвянистые, малопрочные	2500	3,2–3,9	V
среднезернистые, выветрившиеся, средней прочности	2600	4–5,3	VI
мелкозернистые, выветрившиеся, прочные	2700	5,4–6,7	VII
крупнозернистые, не затронутые выветриванием, прочные	2800	6,8–9	VIII

Продолжение таблицы 1.1.

1	2	3	4
крупнозернистые, не затронутые выветриванием, прочные	2800	6,8–9	VIII
среднезернистые, не затронутые выветриванием, очень прочные	2900	9,1–11,4	IX
мелкозернистые, не затронутые выветриванием, очень прочные	3100	11,5–15,2	X
порфиновые, не затронутые выветриванием, очень прочные	3300	≥15,3	XI
Коренные излившиеся породы (андезиты, базальты, порфириты, трахиты и др.):			
сильновыветрившиеся, средней прочности	2600	5,4–6,7	VII
слабовыветрившиеся, прочные	2700	6,8–9	VIII
со следами выветривания, очень прочные	2800	9,1–11,4	IX
без следов выветривания, очень прочные	3100	11,5–15,2	X
то же, очень прочные	3300	≥15,3	XI
кремень, очень прочный	3300	≥15,3	XI
Лесс:			
мягкопластичный	1600	–	I
тугопластичный	1800	–	II
твердый	1800	–	III
Мел:			
низкой прочности	1550	<3,1	IV
малопрочный	1800	3,2–3,9	V
Мергель:			
низкой прочности	1900	3,1	IV
малопрочный	2300	3,2–3,9	V
средней прочности	2500	4–5,3	VI
мрамор, прочный	2700	5,4–6,7	VII
опока	1900	<3,1	V
пемза	1100	3,2–3,9	V
Песок:			
без примесей	1600	–	I
то же, с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10%	1600	–	I
то же, с примесью более 10%	1700	–	II
барханный и дюнный	1600	–	II
Песчаник:			
выветрившийся, малопрочный	2200	3,2–3,9	V
глинистый, средней прочности	2300	4–5,3	VI
на известковом цементе, прочный	2500	5,4–6,7	VII
на известковом или железистом цементе, прочный	2600	6,8–9	VIII
Песчаник:			
на кварцевом цементе, очень прочный	2700	9,1–11,4	IX
кремнистый, очень прочный	2700	11,5–15,2	X
Ракушечник:			
стабосцементированный, низкой прочности	1200	<3,1	IV
сцементированный, малопрочный	1800	3,2–3,9	V
Сланцы:			
выветрившиеся, низкой прочности	2000	<3,1	IV

Окончание таблицы 1.1.

1	2	3	4
глинистые, малопрочные	2600	3,2–3,9	V
средней прочности	2800	4–5,3	VI
окварцованные, прочные	2300	5,4–6,7	VII
песчаные, прочные	2500	6,8–9	VIII
окремненные, очень прочные	2600	11,5–15,2	X
кремнистые, очень прочные	2600	≥15,3	XI
Солончак и солонец:			
пластичные	1600	–	II
твердые	1800	<3,1	IV
Суглинок:			
мягкопластичный без примесей	1700	–	I
то же, с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10 % и тугопластичный без примесей	1700	–	I
мягкопластичный с примесью более 10%, тугопластичный с примесью до 10%, а также полутвердый и твердый без примесей и с примесью до 10 %	1750	–	II
полутвердый и твердый с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора более 10%	1950	–	III
Супесь:			
пластичная без примесей	1650	–	I
Супесь:			
твердая без примесей, а также пластичная и твердая с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора до 10%	1650	–	I
твердая и пластичная с примесью более 10%	8	–	II
Торф:			
без древесных корней	800–1000	–	I
с древесными корнями толщиной до 30 мм	850–1100	–	II
то же, более 30 мм	900–1200	–	II
Трепел:			
низкой прочности	1550	<3,1	IV
малопрочный	1770	3,2–3,9	V
туф	1100	3,2–3,9	V
Чернозем и каштановый грунт:			
пластичный	1300	–	I
пластичный с корнями кустарника	1300	–	II
твердый	1200	–	III
Щебень:			
при размере частиц до 40 мм	1750	–	II
при размере частиц до 150 мм	1950	–	III
Шлак:			
котельный рыхлый	700	–	I
котельный слежавшийся	700	–	II
металлургический выветрившийся	700	–	III
металлургический не выветрившийся	1500	<3,1	IV

Примечание. Прочность грунтов указана в соответствии с ГОСТом 25100-82 «Грунты. Классификация».

Таблица 1.2.

Классификация грунтов (пород) по М.М. Протоdjяконову и СНИПу

Наименование грунтов (пород)	Степень крепости грунтов (пород)	Классификация грунтов (пород) М.М. Протоdjяконову		Группы грунтов пород по СНИПу
		категория крепости	коэффициент крепости f	
Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты, исключительные по крепости другие породы	В высшей степени крепкие	I	19–20	XI
Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, чем указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки.	Очень крепкие	II	15–18	X
Гранит плотный и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды. Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Кадмеланы.	Крепкие То же	III	11–14	IX VIII
		IIIa	9–10	
Обыкновенный песчаник. Железные руды. Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	Довольно крепкие То же	IV	7–8	VII
		IVa	4–6	VI
Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат. Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	Средние То же	V	4	V
		Va	3	
Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт. Щебнистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина.	Довольно мягкие То же	VI	2	IV
		VIa	1,5	
Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт. Легкая песчанная глина, гравий, лесс	Мягкие То же	VII	1	IV
		VIIa	0,8	
Растительная земля. Торф, легкий суглинок, сырой песок.	Землянистые	VIII	0,6	III
Песок, осыпи, мелкий гравий, насынная земля, добытый уголь	Сыпучие	IX	0,5	II
Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	Плавучие	X	0,3	I

Основным показателем этой классификации является коэффициент крепости, характеризующий предел прочности пород при одноосном сжатии.

1.2. Классификация зарядов ВВ

При выполнении различных по назначению горных, геологоразведочных работ с использованием энергии взрыва применяют заряды ВВ, под которыми понимают определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву. В зависимости от величины масса заряда выражается в граммах, килограммах и тонах.

Заряды ВВ, применяемых в горноразведочном деле, различают:

- по форме: сосредоточенный заряд выполнен в виде куба, шара, цилиндра или параллелепипеда, длина которого не более трех размеров диаметра; удлинненный или колонковый заряд имеет длину, превышающую утроенную величину его диаметра;
- по конструкции: сплошной заряд, не разделенный промежутками; рассредоточенный заряд, отдельные части которого разделены промежутками (участками) воздуха, породы, воды и т.п.;
- по характеру действия: заряд камуфлета, действие взрыва которого не проявляется на поверхности, а ограничивается образованием подземной полости вследствие уплотнения и измельчения окружающей среды; заряд рыхления, проявляющийся в дроблении и вспучивании горной породы и ее некотором перемещении, но без образования видимой воронки выброса; заряд выброса, взрыв которого сопровождается дроблением выброса породы за пределы воронки взрыва (рис. 1.1).

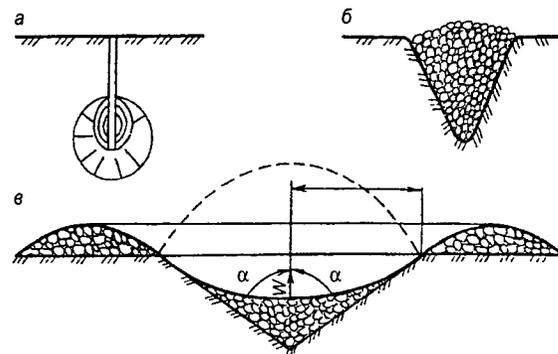


Рис. 1.1. Характер действия взрыва при зарядах камуфлета (а), рыхления (б) и выброса (в)

Заряд одной и той же массы может быть как зарядом камуфлета, так и зарядом рыхления или выброса в зависимости от глубины его заложения.

Различают следующие элементы воронки взрыва: W — глубина заложения сосредоточенного заряда, или линия наименьшего сопротивления удлинённого заряда (ЛНС), — кратчайшее расстояние от центра сосредоточенного или оси удлинённого зарядов до свободной поверхности; 2α — угол раствора воронки взрыва; r — радиус воронки взрыва; $n = r/Wtq^\alpha$ — показатель действия взрыва (α — половина угла раствора воронки).

В зависимости от величины показателя действия взрыва различают разновидности зарядов выброса: нормальный, при $n = 1$, усиленный, при $n > 1$, и уменьшенный, при $n < 1$.

Заряды камуфлета, рыхления или выброса по форме могут быть сосредоточенными, удлинёнными или рассредоточенными.

Взрывание группы зарядов может производиться одновременно или с замедлениями.

В зависимости от способа размещения заряда, его формы и величины применяются следующие методы взрывных работ, под которыми понимают выполняемые с применением ВВ работы по разрушению твердых сред:

■ **метод наружных (накладных) зарядов**, заключающийся во взрывании зарядов, расположенных непосредственно на поверхности разрушаемого объекта. Как правило, этот метод применяется при дроблении валунов и негабаритных кусков. При этом заряд размещают на поверхности примерно над центром куска. Для повышения эффективности наружные заряды прикрываются забоечным материалом, толщина слоя которого не должна быть меньше одной-двух толщин заряда;

■ **метод шпуровых зарядов**, заключающийся во взрывании зарядов, размещённых в шпурах диаметром до 75 мм. Метод шпуровых зарядов применяется при проходке горноразведочных выработок, на небольших карьерах и в подземных условиях для отбойки (отделения от массива) горных пород. Используется метод шпуровых зарядов также при дроблении крупных кусков породы и добыче штучного камня.

Если рассчитанный заряд не может быть размещён (не помещается) в шпуре, то взрыванием небольших

зарядов в донной части шпура создают дополнительную полость (котел) для размещения заряда. Это метод котловых зарядов. Он применяется при проведении разведочных канав;

■ **метод скважинных зарядов**, заключающийся во взрывании удлинённых зарядов, размещённых в скважинах диаметром более 75 мм. Применяется при проведении глубоких траншей, а также на открытых и подземных горных работах для отбойки горных пород.

Следует отметить, что четкой границы между понятиями «шпур» и «взрывная скважина» не установлено. Обычно термин «шпур» применяют при глубине его до 5 м, при большей глубине используют термин «скважина» или «глубокая скважина».

Заряд ВВ в скважине может быть сплошным или рассредоточенным. На практике применяются конструкции зарядов, рассредоточенных воздушными промежутками и с осевыми полостями;

■ **метод камерных (минных) зарядов**, используемый при взрывании на рыхление, на выброс и на сброс. Для размещения камерных зарядов во взрываемом массиве проходят горизонтальные (штольни, рассечки), вертикальные (шурфы) или наклонные выработки, из которых, в свою очередь, проходят зарядные камеры. При выполнении горноразведочных работ иногда используют так называемый метод малокамерных зарядов — рукавов. Его применяют при относительно небольшом объеме взрывных работ.

Величина расчетного удельного расхода ВВ (аммонит №6 ЖВ)

Таблица 1.3.

Расчетный удельный расход ВВ

Наименование породы	Группа (категория) грунтов и пород по классификации СНиП	Коэффициент крепости f по шкале М.М. Протодьяконова	Средняя плотность породы, кг/м^3	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3	
				для зарядов рыхления K	для зарядов выброса $Кв$
1	2	3	4	5	6
Песок	I	—	1500	—	1,6–1,8
Песок плотный или влажный	I-II	—	1650	—	1,2–1,3
Суглинок тяжелый	II	—	1750	0,35–0,4	1,2–1,5
Глина ломовая	III	—	1950	0,35–0,45	1,0–1,4

Окончание таблицы 1.3.

1	2	3	4	5	6
Лесс	III-IV	—	1700	0,3-0,4	0,9-1,2
Мел, вышелеченный мергель	IV-V	0,8-1,0	1850	0,25-0,3	0,9-1,2
Гипс	IV	1,0-1,5	2250	0,35-0,45	1,1-1,5
Известняк-ракушечник	V-VI	1,5-2,0	2100	0,35-0,6	1,4-1,8
Опока, мергель	IV-VI	1,0-1,5	1900	0,3-0,4	1,0-1,3
Турфы трещиноватые, плотные, тяжелая немза	V	1,5-2,0	1100	0,35-0,5	1,2-1,5
Конгломерат, брекчия на известковом и глинистом цементе	IV-VI	2,3-3,0	2200	0,35-0,45	1,1-1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдястый, серицитовый мергель	VI-VII	3,0-6,0	2200	0,4-0,5	1,2-1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII-VIII	5,0-6,0	2700	0,4-0,5	1,2-1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII-IX	6,0-8,0	2800	0,45-0,7	1,2-2,1
Гранит, гранодиорит	VII-X	6-12	2800	0,5-0,7	1,7-2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX-XI	6-18	3000	0,6-0,75	1,7-2,2
Кварцит	X	12-14	3000	0,5-0,6	1,6-1,9
Порфирит	X	16-20	2800	0,7-0,75	2,0-2,2

Примечание:

1. В случае применения других ВВ приведенные в таблице 1.3 значения K и K_v следует умножить на переводной коэффициент e , принимаемый по таблице 1.4.

2. Коэффициент K условно называют расчетным удельным расходом ВВ для зарядов нормального рыхления, его величина определена из выражения $K = K_v N_q$; коэффициент K_v условно называют расчетным удельным расходом ВВ для зарядов выброса. Величина K_v для данного ВВ зависит от свойств породы. N_q — относительный вес заряда, определяющий характер действия взрыва, равный отношению весов данного заряда и заряда нормального действия при одной и той же ЛНС. Для зарядов нормального рыхления N_q принят равным приблизительно 1/3. Для получения заданного характера действия взрыва заряда принимают следующие величины N_q :

- для наибольшего камуфлета $N_q = 0,2$;
- для нормального рыхления $N_q = 0,33$;
- для выброса $N_q \geq 1$.

Таблица 1.4.

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

ВВ	e	ВВ	e
Акватол М-15	0,76	Зерногранулит 79/21	1,00
Аммонал скальный № 3	0,80	Аммонит № 7ЖВ	1,04
Граммонал А-8	0,80	Дипафталит	1,08
Аммонит скальный № 1	0,81	Акватол 65/35	1,10
Детонит М	0,82	Зерногранулит 50/50-В	1,11
Алюмотол	0,83	Гранулит С-2	1,13
Дипамон АМ-10	0,84	Гранулит М	1,13
Акватол МГ	0,92	Игданит	1,13
Гранулит АС-8	0,89	Зерногранулит 30/70	1,13
Аммонал водоустойчивый	0,91	Акванит 3Л	1,14
Гранулит АС-4	0,98	Гранулотол	1,16
Аммонит № 6ЖВ	1,00		1,20

Примечание. На основании практических данных при взрывании гранулотола на рыхление следует принимать $e = 1,0$.

ВЗРЫВАНИЕ ВНУТРЕННИМИ ЗАРЯДАМИ

2.1. Метод шпуровых зарядов

Метод шпуровых зарядов предусматривает взрывание зарядов ВВ, размещаемых в искусственных цилиндрических углублениях (шпурах) диаметром до 75 мм при глубине до 5 м. (Рис. 2.1).

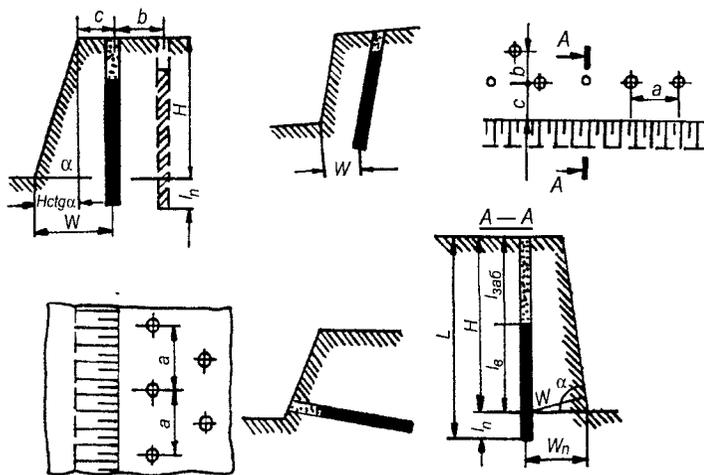


Рис. 2.1. Схемы расположения шпуровых зарядов

Шпуровые заряды применяют на открытых горных разработках и в строительстве при небольшой мощности взрываемого слоя пород, при проведении зарядных выработок, дроблении негабарита, добыче штучного камня, взрывании в стесненных условиях, производстве специальных видов взрывных работ и т.п.

Длина ЛНС (линии наименьшего сопротивления по подошве уступа) при двух свободных поверхностях обнажения составляет:

$$W = \sqrt{P/K},$$

где P — вместимость 1 м шпуров, принимаемая по табл. 2.1, кг;

K — расчетный удельный расход ВВ (табл. 1.3), кг/м³.

Длина забойки (м) равна:

$$l_{зab} = (0,5 \div 0,7)W. \tag{2.2}$$

Длина забойки должна составлять не менее 1/3 глубины шпура. Глубина перебура l_n и высота заряда над подошвой уступа l_g рассчитываются по формулам (2.3 и 2.4):

$$l_n = l_g (\sqrt[3]{1 + (W/l_g)} - 1); \tag{2.3}$$

$$l_g = W (\sqrt{W/(2l_n)} - l_n). \tag{2.4}$$

Масса шпурового заряда (кг):

$$Q = Pl_{zap}. \tag{2.5}$$

Длина заряда в шпуре (м):

$$l_{zap} = l_n + l_g. \tag{2.6}$$

Длина забойки должна быть не менее 1/3 глубины шпура.

Если для заданных условий известен фактический удельный расход ВВ q , масса заряда находится по формуле:

$$Q = qWaH, \tag{2.7}$$

где a — расстояние между зарядами в ряду, м.

H — высота уступа, м.

Расстояние между шпурами в ряду a принимается в пределах $(0.8 \div 1.5) W$:

- при мгновенном взрывании $a = (0.8 \div 1.1) W$;
- при короткозамедленном и замедленном взрывании $a = (0.9 \div 1.3) W$;
- при огневом взрывании $a = (1.2 \div 1.4) W$.

В последнем случае принятая величина a должна исключить подбой одних зарядов другими.

Если шпуры имеют неодинаковые сопротивления по подошве уступа, то при определении расстояния между ними берется среднеарифметическое из значений сопротивлений по подошве уступа для смежных шпуров.

При расположении шпуров в несколько рядов, взрываемых одновременно, расстояние между шпурами a и заряда Q во всех рядах принимаются одинаковыми и такими же, как в первом ряду.

Расстояние между рядами b устанавливается равным $0.85 W$, где W — сопротивление по подошве уступа первого ряда шпуров; при замедленном и короткозамедленном порядном взрывании:

$$b = (0.9 \div 1.0) W.$$

При мгновенном взрывании шпуры располагаются в шахматном порядке; при порядном, короткозамедленном и замедленном взрывании — как по шахматной, так и по прямоугольной сетке.

В случае предварительного монтажа электровзрывных сетей и использования порошкообразных ВВ при зарядании шпуров (глубиной до 1 м) разрешается опускать электродетонатор в шпур до засыпания ВВ.

Сырые и обводненные шпуры следует заряжать водоустойчивыми ВВ.

Электродетонатор или капсюль-детонатор необходимо помещать в ближайший к устью шпура патрон так, чтобы дно гильзы детонатора было направлено ко дну шпура. При раздельном взрывании, чтобы избежать подбоя заряда, патрон-боевик следует помещать первым от дна шпура; при этом дно гильзы должно быть направлено к устью шпура.

Порошкообразные аммиачноселитренные ВВ в патронах и в мягкой упаковке, а также слежавшиеся

патроны с аммиачноселитренными ВВ необходимо предварительно, до зарядания шпуров, осторожно размять, без нарушения целостности оболочек. Эта операция производится до ввода в патроны капсюля-детонатора, электродетонатора, ДШ.

После размещения заряда свободную часть шпура заполняют забоечным материалом. Забоечный материал должен засыпаться весьма осторожно, чтобы не был поврежден шпур или провод.

Для забойки шпуров должен применяться мелкий негорючий материал (песок, слегка увлажненная глина, смесь влажной глины с песком и т.п.)

Для забойки восстающих или горизонтальных шпуров песок или другой сыпучий материал может применяться в патронированном виде.

Заполнение шпура забоечным материалом производится на всю глубину, оставшуюся свободной после введения заряда. Причем ближайшая к заряду часть забоечного материала не уплотняется, а остальная уплотняется легким нажимом забойника.

Взрывание шпуровых зарядов может производиться как электрическим, так и огневым способом, а также при помощи детонирующего шнура.

Вместимость шпура (скважины) в зависимости от их диаметра и масса ВВ в зависимости от плотности зарядания приведены в табл. 2.1 и 2.2.

Базовые нормы расходов (табл. 2.3, 2.4) определены для вертикальных шпуровых зарядов диаметром 42 мм, взрываваемых на две свободные поверхности (уступная отбойка грунтов) при изменении высоты уступа от 0.5 до 5 м.

Таблица 2.1.

Вместимость ВВ в 1 м шпура (скважины) в зависимости от диаметра (плотность зарядания принята равной $0,9 \text{ т/м}^3$)

Диаметр шпура (скважины) d , мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины) P , кг	Диаметр шпура (скважины) d , мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины) P , кг	Диаметр шпура (скважины) d , мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины) P , кг
1	2	3	4	5	6
25	0,44	62	2,7	195	27
26	0,48	63	2,8	200	28

Окончание таблицы 2.1.

1	2	3	4	5	6
27	0,51	64	2,9	205	30
28	0,55	65	3,0	210	31
29	0,59	66	3,1	215	33
30	0,64	67	3,2	220	34
31	0,67	68	3,3	225	36
32	0,72	69	3,4	230	37
33	0,78	70	3,5	235	39
34	0,82	71	3,6	240	41
35	0,87	72	3,7	245	42
36	0,92	73	3,8	250	44
37	0,97	74	3,9	255	46
38	1,0	75	4,0	260	48
39	1,1	80	4,5	265	50
40	1,1	85	5,1	270	51
41	1,2	90	5,7	275	53
42	1,2	95	6,4	280	55
43	1,3	100	7,1	285	57
44	1,4	105	7,8	290	59
45	1,4	110	8,6	295	61
46	1,5	115	9,4	300	64
47	1,6	120	10,0	310	68
48	1,6	125	11	320	72
49	1,7	130	12	330	77
50	1,8	135	13	340	82
51	1,8	140	14	350	87
52	1,9	145	15	360	92
53	2,0	150	16	370	97
54	2,1	155	17	380	102
55	2,1	160	18	390	107
56	2,2	165	19	400	113
57	2,3	170	20	410	119
58	2,4	175	22	420	125
59	2,5	180	23	430	131
60	2,5	185	24	440	137
61	2,6	190	26	450	143

Примечание. При применении ВВ с плотностью, отличающейся от 0,9, необходимо произвести пересчет вместимости Р на соответствующую плотность по формуле:

$$P_1 = P \frac{\Delta_1}{0,9},$$

где P_1 — вместимость шпура (скважины) при Δ_1 , кг
 P — вместимость по табл. 2.1.

Таблица 2.2.

Масса ВВ в 1 м шпура (кг) в зависимости от плотности заряжения Δ , г/м³

Диаметр шпура, мм	=0,6	=0,65	=0,7	=0,75	=0,8	=0,85	=0,9	=0,95	=1	=1,1	=1,2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,41	0,44	0,46	0,48	0,53	0,58	0,63
26	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,5	0,53	0,58	0,63	0,68
27	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,47	0,51	0,53	0,56	0,62	0,67	0,73
28	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,57	0,61	0,66	0,72	0,78
29	0,38	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,61	0,65	0,7	0,76	0,82
30	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,6	0,64	0,67	0,71	0,77	0,83	0,89
31	0,44	0,48	0,51	0,55	0,58	0,62	0,67	0,7	0,74	0,8	0,86	0,92
32	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,72	0,75	0,79	0,86	0,93	0,99
33	0,51	0,56	0,6	0,64	0,68	0,73	0,78	0,81	0,86	0,93	1	1,1
34	0,54	0,59	0,63	0,68	0,72	0,77	0,82	0,86	0,91	0,98	1,1	1,2
35	0,57	0,62	0,66	0,72	0,76	0,81	0,87	0,91	0,96	1,1	1,2	1,3
36	0,6	0,66	0,7	0,76	0,8	0,86	0,92	0,96	1	1,1	1,2	1,3
37	0,64	0,69	0,74	0,8	0,85	0,91	0,97	1	1,1	1,2	1,3	1,4
38	0,66	0,72	0,77	0,83	0,88	0,94	1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
39	0,72	0,79	0,84	0,91	0,96	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5
40	0,72	0,79	0,84	0,91	0,96	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5
41	0,79	0,86	0,92	0,99	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
42	0,79	0,86	0,92	0,99	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
43	0,85	0,93	1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9
44	0,92	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1
45	0,92	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1
46	0,99	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
47	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3
48	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3
49	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4
50	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,6
51	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,6
52	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,3	2,5	2,7
53	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9
54	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,1	2,2	2,3	2,6	2,8	3,1
55	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,1	2,2	2,3	2,6	2,8	3,1
56	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1
57	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3
58	1,6	1,7	1,8	2	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5
59	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6
60	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7
61	1,7	1,9	2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9
62	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3	3,3	3,6	4
63	1,8	2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3	3,4	3,7	4,1
64	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,2	3,5	3,9	4,3
65	2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	3	3,2	3,3	3,7	4	4,4
66	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,8	4,1	4,5
67	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	4,7
68	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4	4,4	4,8
69	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4,2	4,5	4,9
70	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,3	4,7	5,1
71	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,4	4,8	5,2
72	2,4	2,7	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5	4,9	5,3
73	2,5	2,7	2,9	3,2	3,3	3,6	3,8	4	4,2	4,6	5,1	5,5
74	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,6
75	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	4	4,2	4,4	4,9	5,3	5,7

Таблица 2.3.

Базовый удельный объем бурения шпуров

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
0.5	3333	3401	3846	5000	5128	5455	6000	6667
1	1111	1117	1342	1393	1429	1448	1487	1572
1.5	595	638	658	673	696	773	869	912
2	581	601	617	631	661	712	764	813
3	556	572	593	610	645	690	751	782
4	544	550	580	603	630	670	736	770
5	520	535	562	590	612	658	720	746

Таблица 2.4.

Базовый удельный расход ВВ

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
0.5	1067	1100	1333	1453	1580	1700	2000	2333
1	657	707	758	808	840	960	990	1040
1.5	595	618	656	681	704	783	853	895
2	554	588	616	630	690	760	833	865
3	530	554	583	610	672	740	800	831
4	513	532	560	590	650	722	781	807
5	500	520	542	575	632	708	764	789

2.2. Метод скважипных зарядов

Метод скважинных зарядов состоит во взрывании удлиненных зарядов в искусственных цилиндрических углублениях (скважинах) диаметром более 75 мм при глубине до 5 м или любого диаметра при глубине больше 5 м.

Метод скважинных зарядов применяется на открытых горных работах, строительстве котлованов, траншей, дорог и т.п.

Скважинные заряды могут размещаться в вертикальных, наклонных и горизонтальных скважинах. Способ расчета скважинных зарядов зависит от числа обнаженных поверхностей, в сторону которых проявляется действие взрыва.

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

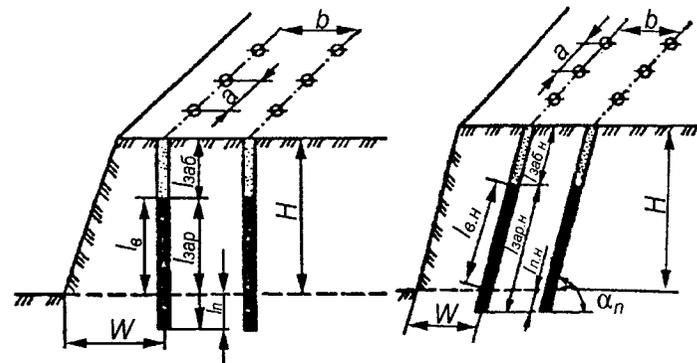


Рис. 2.2. Схема расположения вертикальных скважинных зарядов

Рис. 2.3. Схема расположения наклонных скважинных зарядов

Для дробления породы уступа применяются главным образом вертикальные (рис. 2.2) или наклонные (рис. 2.3) скважины. Горизонтальные или пологие скважины применяют при подработке уступов, на строительстве дорог и т.п.

Для обеспечения заданной интенсивности разрыхления горной массы и надежной проработки подошвы уступа диаметр скважин (мм) должен приниматься с учетом технологических параметров взрывной отбойки по формуле:

$$d = 9H + 35,5K_p + 33,5F - 195, \tag{2.8}$$

где H — высота взрываемого уступа, м;
 K_p — коэффициент разрыхления взорванной горной массы;
 F — группа грунтов по СНиПу.

Диаметр скважины (мм), отвечающий условию равенства производительности бурового станка и экскаватора (по горной массе):

$$d = 100 \sqrt{E_3}, \tag{2.9}$$

где E_3 — вместимость ковша экскаватора, м³.

Диаметры скважин, вычисленные по формуле (2.9)

$E_3, м^3$	1	1.5	2	2.5	3	4	4.6
$d, мм$	100	125	142	158	174	200	214

Выбор ассортимента ВВ производится с учетом рекомендаций, приведенных в гл. 5.

Для сокращения объемов переизмельчения горной массы скорость детонации ВВ D (км/с) должна быть согласована с физико-механическими характеристиками взрывааемых грунтов:

$$D = \sqrt{\rho f A}, \quad (2.10)$$

где ρ — плотность грунта в образце, т/м³;
 f — коэффициент крепости грунта;
 A — акустический показатель трещиноватости массива.

Акустический показатель трещиноватости в зависимости от группы грунтов по СНиПу F

F	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
A	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8

Величина сопротивления по подошве уступа, преодолеваемая вертикально одиночным скважинным зарядом:

$$W = \sqrt{P/K}, \quad (2.11)$$

где P — вместимость скважины, кг/м;
 K — расчетный удельный расход ВВ для сосредоточенного заряда, кг/м³ грунта.

Вместимость скважины в зависимости от ее диаметра и плотности заряжения ВВ принимается по табл. 2.1.

Значения K для зарядов нормального рыхления (дробления) приближенно принимаются по табл. 1.3.

При необходимости взрывного рыхления горной массы с требуемой по технологии разработки интенсивностью величина расчетного удельного расхода ВВ:

$$K = K_K K_{BB} K_p^2, \quad (2.12)$$

где K_K — удельный расход ВВ сосредоточенного заряда наибольшего камуфлета, кг/м³ грунта;
 K_{BB} — переводной коэффициент;
 K_p — коэффициент разрыхления взорванной горной массы.

Значения K_K в зависимости от группы грунтов по СНиПу F

F	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
$K_K, кг/м^3$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45

Длина (м) незаряженной верхней части скважины (см. рис. 2.2) определяется в зависимости от технологических требований к взрыву по формулам:

$$l_{заб} = 20d + 0,20H_p - 1,5, \quad (2.13)$$

$$l_{заб} = 24d + 2,3K_p + 3, \quad (2.14)$$

где d — диаметр скважины, м;
 H_p — высота развала взорванного грунта, м;
 K_p — коэффициент разрыхления взорванной горной массы.

Длина заряда над подошвой уступа:

$$l_s = H - l_{заб}, \quad (2.15)$$

где H — высота уступа, м.

Глубина перебура:

$$l_n = l_s (\sqrt[3]{1 + (W/l_s)^2} - 1); \quad (2.16)$$

для заданных значений перебура высота заряда над подошвой уступа:

$$l_s = W \sqrt{W / (2l_n)} - l_n \quad (2.17)$$

или принимается по данным, приведенным ниже.

Относительная глубина перебура в зависимости от относительной высоты заряда над подошвой уступа

l_n/W	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
l_s/W	3.11	2.14	1.68	1.38	1.17	0.99	0.85	0.72	0.6	0.5

При технологии взрывания скважинных зарядов без перебура ($l_n = 0$) величина преодолеваемого сопротивления W_0 определяется в зависимости от принятой

длины заряда над подошвой уступа по номограмме (рис. 2.4). При заданной величине сопротивления W_0 длина заряда (м).

$$l_g = W_0 / \sqrt{(W/W_0)^4 - 1}. \quad (2.18)$$

Масса заряда ВВ (кг) в скважине:

$$Q = P(l_a + l_n) = Pl_{зар}, \quad (2.19)$$

где $l_{зар}$ — длина заряда, м.

Расстояние (м) между скважинами заряда в ряду (см. рис. 2.2) :

$$a = mW, \quad (2.20)$$

где m — коэффициент сближения зарядов.

Для зарядов нормального дробления коэффициент сближения принимается в зависимости от диаметра взрывных скважин d (м):

$$m = 0,5/\sqrt[3]{d} \quad (2.21)$$

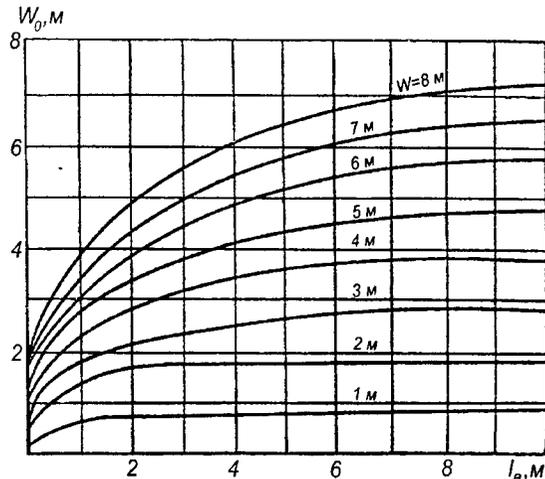


Рис. 2.4. Зависимость величины преодолеваемого сопротивления по подошве уступа W_0 от длины заряда над подошвой уступа l_g при взрывании скважинных зарядов без перебура

Коэффициент сближения в зависимости от диаметра скважин

d, мм	105	125	150	160	216	250
m	1.06	1	0.94	0.92	0.83	0.8

При необходимости взрывного рыхления горной массы до требуемой интенсивности коэффициент сближения:

$$m = 0.75 K. \quad (2.22)$$

При многорядном короткозамедленном взрывании расстояние (м) между рядами скважин:

$$b = (0.85 + 1)W. \quad (2.23)$$

Параметры расположения наклонных скважинных зарядов при уступной отбойке грунтов определяются в следующей последовательности.

Преодолеваемое по подошве уступа сопротивление W вычисляется по формуле (2.11)

Длина забойки (м):

$$l_{заб.н} = l_{заб} / \sin \alpha_n, \quad (2.24)$$

где α_n — угол наклона скважинного заряда к горизонту.

Длина наклонного заряда над подошвой уступа (м):

$$l_{г.н} = H / \sin \alpha_n - l_{заб.н}. \quad (2.25)$$

Длина заряда над подошвой уступа для эквивалентного вертикального скважинного заряда (м):

$$l_{г.в} = l_{г.н} \left[\sin \alpha_n - \frac{\cos \alpha_n}{W l (H - l_{заб} \sin \alpha_n) - l / l_{г.н}} \right]. \quad (2.26)$$

Длина перебура для эквивалентного вертикального скважинного заряда (м):

$$l_{п.в} = l_{г.в} \left(\sqrt[3]{1 + W^2 / l_{г.в}^2} - 1 \right). \quad (2.27)$$

Длина перебура наклонного скважинного заряда (м):

$$l_{n.n} = \frac{l_{n.z}}{\sin \alpha_n + W \cos \alpha_n / l_{n.z}} \quad (2.28)$$

Масса наклонного скважинного заряда (кг):

$$Q = P(l_{в.н} + l_{n.n}) = Pl_{зар.н} \quad (2.29)$$

Расстояние между зарядами вычисляются по формулам (2.20 и 2.23).

Величина рационального интервала замедления (мс) между зарядами (группами зарядов) по фактору дробления горной массы:

$$tз = 40 + 2H - 2,5F - 10K_p \quad (2.30)$$

Ширина развала горной массы (отброс породы от нижней бровки уступа) B_0 и максимальная высота навала H_p при уступном взрывании:

$$B_0 = 3,5H \sqrt[3]{F} \sqrt[3]{q/H} (0,65 + 0,35 \cos \varphi); \quad (2.31)$$

$$H_p = H \sqrt[4]{N/(Hq)}, \quad (2.32)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³ грунта;
 N — число взрываемых рядов скважин;
 φ — угол между направлением линии откоса уступа и линией одновременно взрываемых скважин, градус.

При взрывании на необранный от предыдущего взрыва горную массу (подпорную стенку) ширина развала (м):

$$B_p = B_0(1 - X/X_{np}), \quad (2.33)$$

где X — ширина навала необранной горной массы на уровне подошвы уступа, м;

X_{np} — предельная ширина подпорной стенки, при которой не образуется при взрыве развала, м

$$X_{np} = \frac{B_0}{1 + 50/F^3} \quad (2.34)$$

Таблица 2.5.

Базовый объем бурения взрывных скважин, м/1000 м³ грунта

Направление скважин	Диаметр скважины, мм	Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу								
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Вертикальное	< 105	4	75	80	90	110	115	128	146	168	
		6	74	79	88	109	113	127	144	150	
		8	73	78	85	107	112	125	140	148	
		10	72	76	84	105	110	124	138	146	
		12	71	75	82	100	108	122	137	145	
		15	70	74	81	96	106	120	136	144	
	106–150	6	28	32	35	41	44	56	65	75	
		8	27	30	31	40	43	52	57	62	
		10	25	27	29	34	36	39	44	48	
		12	22	24	26	27	31	37	42	47	
		15	17	19	22	26	30	34	40	45	
		20	16	18	20	25	28	31	39	44	
	151–215	8	21	23	27	34	36	40	46	50	
		10	17	19	20	24	27	33	35	39	
		12	14	16	17	20	22	26	32	37	
		15	12	13	15	17	20	23	29	36	
		20	10	11	12	15	17	22	25	33	
		216–245	8	21	23	25	27	28	30	31	32
	10		14	14	16	17	19	20	24	26	
	12		10	10	11	12	15	17	20	24	
	15		8	9	10	11	13	15	19	22	
	20		8	8	9	10	12	14	17	20	
	Наклонное		< 105	4	67	69	78	94	100	115	130
		6		65	68	76	92	99	113	128	135
8		64		67	75	91	98	112	127	133	
10		63		66	74	90	98	111	126	132	
12		62		65	73	89	97	110	125	130	
15		61		64	72	87	96	109	124	129	
106–150		6	27	31	34	40	43	55	64	74	
		8	25	29	30	36	39	47	52	56	
		10	23	25	26	31	33	36	40	44	
		12	20	22	24	25	28	34	38	42	
		15	16	18	20	24	26	31	36	41	
		20	15	16	18	22	25	29	35	40	
151–215		8	19	22	26	31	33	38	41	45	
		10	16	17	18	22	25	30	32	36	
		12	13	15	16	18	20	24	30	33	
		15	11	12	14	16	17	21	25	32	
		20	9	10	11	13	15	20	23	30	
		216–245	8	18	20	24	25	26	27	27	28
10			13	13	14	14	17	18	22	24	
12			9	9	10	11	13	15	19	23	
15			7	8	9	10	12	14	17	20	
20			7	7	8	9	11	13	16	19	

Таблица 2.6.

Базовый удельный расход ВВ q^b , кг/м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Скважины диаметром до 150 мм (вертикальные)								
8	0.363	0.394	0.425	0.495	0.563	0.63	0.724	0.827
10	0.35	0.386	0.407	0.407	0.554	0.612	0.701	0.789
12	0.343	0.375	0.39	0.39	0.542	0.601	0.69	0.762
15	0.333	0.366	0.382	0.382	0.538	0.582	0.683	0.736
20	0.32	0.34	0.365	0.365	0.51	0.575	0.661	0.719
Скважины диаметром 150–190 мм (вертикальные)								
8	0.346	0.375	0.405	0.471	0.536	0.6	0.69	0.788
10	0.333	0.368	0.388	0.454	0.528	0.583	0.668	0.751
12	0.327	0.357	0.371	0.444	0.516	0.572	0.657	0.726
15	0.317	0.348	0.364	0.431	0.512	0.56	0.65	0.701
20	0.306	0.324	0.348	0.411	0.486	0.548	0.63	0.678
Скважины диаметром более 190 мм (вертикальные)								
8	0.339	0.368	0.397	0.463	0.526	0.589	0.677	0.773
10	0.327	0.361	0.38	0.446	0.518	0.572	0.655	0.737
12	0.32	0.35	0.364	0.435	0.506	0.563	0.645	0.712
15	0.311	0.342	0.357	0.423	0.503	0.544	0.638	0.688
20	0.298	0.318	0.341	0.404	0.477	0.538	0.618	0.665
Скважины диаметром до 150 мм (наклонные)								
8	0.349	0.38	0.408	0.476	0.541	0.606	0.696	0.795
10	0.336	0.371	0.391	0.459	0.533	0.589	0.674	0.759
12	0.324	0.36	0.375	0.448	0.521	0.578	0.663	0.74
15	0.315	0.352	0.367	0.436	0.517	0.56	0.657	0.715
20	0.305	0.33	0.351	0.415	0.49	0.553	0.636	0.69
Скважины диаметром 150–190 мм (наклонные)								
8	0.335	0.367	0.395	0.46	0.525	0.588	0.676	0.722
10	0.332	0.359	0.377	0.445	0.517	0.57	0.655	0.736
12	0.318	0.35	0.36	0.435	0.504	0.561	0.643	0.711
15	0.306	0.342	0.351	0.422	0.5	0.549	0.63	0.687
20	0.29	0.313	0.34	0.403	0.475	0.537	0.617	0.665
Скважины диаметром более 190 мм (наклонные)								
8	0.326	0.36	0.39	0.451	0.52	0.5	0.67	0.765
10	0.319	0.351	0.37	0.44	0.511	0.56	0.648	0.725
12	0.31	0.342	0.355	0.429	0.498	0.556	0.632	0.709
15	0.3	0.335	0.349	0.416	0.49	0.538	0.625	0.68
20	0.283	0.307	0.335	0.397	0.47	0.53	0.61	0.658

2.3. Метод котловых зарядов

Котловыми называют заряды, размещенные в полости — котле, образованном расширением в определенных местах шпура или скважины путем простреливания малыми зарядами и другими способами.

Шпуры и скважины, имеющие котлы, называют соответственно котловыми шпурами и котловыми скважинами.

Котловые заряды допускается применять в следующих случаях:

- когда ими технологически возможно и экономически целесообразно заменить камерные, скважинные или шпуровые заряды;

- когда сопротивление по подошве уступа настолько велико, что заряд, помещенный в скважину или шпур, не в состоянии его преодолеть.

Взрывным способом заданный объем котла получают одним или несколькими простреливаниями.

Масса прострелочного заряда Q определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{Q}{(Ппр\Delta)^n}, \text{ кг}, \quad (2.35)$$

где Q — масса основного заряда, кг;

$Ппр$ — показатель простреливаемости, дм³/кг (табл. 2.7)

Таблица 2.7.

Ориентировочные показатели простреливания $Ппр$

Горная порода	Классификация грунтов и пород по СНиПу	Пределы показателя простреливаемости $Ппр$
Глина пластичная моренная	I	900–1400
Глина черная	II	400–600
Глина моренная	II	220–530
глина желто-бурая жирная	II	220–270
глина темно-красная жирная	II	170–250
Мергель мягкий трещиноватый	V	100–170
Мергель мягкий сильно трещиноватый	V	180–280
Глина ломовая темно-синяя	V	100–150
Суглинок тяжелый, глина песчанная	V	70–190
Мел мягкий, известняк-ракушечник	V	35–65
Мергель средней крепости, доломит мергелистый, известняк мягкий сильно трещиноватый	V–VI	Около 20, большое рассеивание значений
Гипс плотный, мелкозернистый, сланцы глинистые крепкие, гранит сильно трещиноватый, фосфориты средней крепости, силициты, известняки средней трещиноватости	VI–VIII	3–15
Гранит средней трещиноватости, кварциты плотные железистые, кварциты плотные серые, апатито-нефелиновая руда, известняк плотный, змеевники с включением асбеста, песчаник, доломит	VII–IX	2–10
Роговники, скарны, мрамор, гранитоид, кремешь пластовый, известняки крепкие, гранит крупнозернистый и среднезернистый, фосфориты крепкие, доломит крепкий	VII–XI	0,2–5

Δ — плотность ВВ (насыпная), кг/дм³;
 n — показатель степени, равный порядковому номеру простреливания; для последнего простреливания принимается $n = 1$, для предпоследнего $n = 2$ и т.д.

По этой формуле масса последнего прострелочного заряда составит:

$$Q_1 = \frac{Q}{\text{Ппр}\Delta}, \text{ кг.} \quad (2.36)$$

Масса предпоследнего заряда:

$$Q_2 = \frac{Q}{(\text{Ппр}\Delta)^2}, \quad (2.37)$$

и т.д.

Чтобы определить необходимое число простреливаний, находят прежде всего предельно допустимый вес первого прострелочного заряда, который определяется по диаметру котла D , принимаемого шарообразным:

$$D_k = 1,24\sqrt[3]{\frac{Q}{\Delta}} \quad (2.38)$$

Длину первого прострелочного заряда $l_{зар}$ можно принять равной величине D_k . Если не предъявляется особых требований к степени сосредоточенности заряда, $l_{зар}$ увеличивается. При $l_{зар} = 2D_k$ отношение длины полученной полости к ее поперечному размеру равно примерно 4. При выборе $l_{зар}$ необходимо исходить из того, чтобы число простреливаний было минимальным.

Вес первого прострелочного заряда не должен превышать некоторой величины $Q_{нач}$, определяемой по вместимости заряжаемой части скважины (шпура):

$$Q_{нач} = Pl_{зар}, \quad (2.39)$$

где P — вместимость 1 м скважины (шпура), кг (см. табл. 2.2)

$$l_{зар} = (1 + 2)D_k, \quad (2.40)$$

Если Q_1 по величине меньше $Q_{нач}$, требуемый котел можно получить с одного простреливания. Если же Q_1 больше $Q_{нач}$, надо делать два простреливания или больше, вычисляя величины зарядов Q_1, Q_2 и т. д. До тех пор, пока последний из них не станет меньше $Q_{нач}$. Его и следует принимать за первый прострелочный заряд.

При проведении работ по простреливанию необходимо контролировать объем котла и уточнять опытным путем показатель простреливания Ппр . Требуемый объем котла V_k вычисляется по формуле:

$$V_k = \frac{Q}{\Delta}. \quad (2.41)$$

Параметры котловых зарядов для рыхления пород при двух обнаженных поверхностях (в уступе, рис. 2.5) определяются следующим образом.

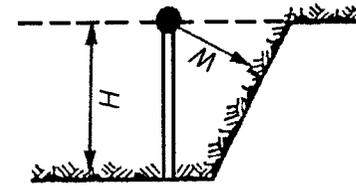


Рис. 2.5. Котловой заряд

А. Величина котлового заряда вычисляется по формуле:

$$Q = KW^3, \text{ кг,} \quad (2.42)$$

где K — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³ (см. табл. 1.3);

W — линия наименьшего сопротивления; принимается равной 0,6–0,9 высоты уступа.

Б. Расстояние между центрами зарядов в ряду принимается в пределах (1,0 ÷ 1,5) W .

В. При расположении зарядов в несколько рядов и в шахматном порядке расстояние между рядами b принимается: при одновременном взрывании рядов зарядов $b = 0,85 W$, при разновременном порядном взрывании $b = W$.

Скважины (шпуры) в целях размещения центра заряда на уровне подошвы уступа (красной отметки котлована, траншеи) должны быть пробурены ниже подошвы уступа на величину, равную половине длины первого прострелочного заряда.

Для улучшения дробления породы верхней части уступа в скважину или шпур выше котла помещают удлиненный (дополнительный) заряд. При выборе дли-

ны дополнительного заряда исходят из того, что зона дробления породы котловым зарядом в направлении устья скважины составляет примерно $(0,7 \div 0,8) W$. За пределами этой зоны располагается дополнительный заряд, вес которого определяется по формуле

$$Q_{\text{дон}} = [(l_{\text{скв}} 0,7W + l_{\text{заб}})] P, \quad (2.43)$$

где W — ЛНС котлового заряда, м;
 $l_{\text{заб}}$ — длина верхней забойки, м;
 $l_{\text{скв}}$ — глубина скважины, м.

Свободная часть выработки между котловым и дополнительным зарядами заполняется забоечным материалом или между ними оставляется воздушный промежуток.

Длина верхней забойки принимается в пределах 15 — 25 диаметров заряда. Для котловых скважин применение верхней забойки обязательно, независимо от наличия дополнительного заряда; забойка котловых шпуров необязательна.

При работах по простреливанию ВВ помещается в патронах или россыпью. Взрывание зарядов должно производиться с применением патронов-боевиков.

При заряджании котла боевики должны быть опущены в него после засыпки ВВ в количестве 50 % от веса заряда; при бескапсюльном способе взрывания боевик в котел может быть опущен после засыпки 10 % ВВ.

Сухие вертикальные шпуровые или скважинные простреливаются зарядами из порошкообразного ВВ.

Вертикальные и расположенные под большим углом наклона к горизонту обводненные шпуровые или скважинные простреливаются зарядами патронированного, прессованного или гранулированного (тонущего в воде) водоустойчивого ВВ типа гранулола, алюмотола и т.п.

Горизонтальные и пологие обводненные шпуровые или скважинные простреливаются зарядами патронированного или прессованного водоустойчивого ВВ.

При простреливании порошкообразным ВВ в шпуровые или скважинные следует засыпать часть прострелочного заряда, затем опустить патрон-боевик, засыпать оставшуюся часть заряда, на которую для предохране-

ния скважины (шпура) от повреждения поместить забойку.

При простреливании скважин или шпуров следует применять электрический способ взрывания. Иницирование котловых зарядов может производиться как с помощью электродетонаторов, так и с помощью детонирующего шнура, к которому на поверхности подсоединяют электродетонаторы. При определении потребности в средствах иницирования предусмотрено размещение в каждом заряде по одному электродетонатору.

Базовые нормы (табл. 2.8, 2.9, 2.10) определены для шпуров диаметром 42 мм и скважин — 110 мм.

Таблица 2.8.

Базовый удельный объем бурения шпуров при взрывании котловых зарядов, м/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНИПу				
	IV	V	VI	VII	VIII
3	133	133	133	133	133
4	77	70	77	77	77
5	50	50	50	50	50

Таблица 2.8.a

Базовый удельный объем бурения скважин при взрывании котловых зарядов, м/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНИПу				
	IV	V	VI	VII	VIII
10	9	9	9	10,1	10,9
12	6,7	6,7	6,7	7,8	7,8
15	4,3	4,3	4,3	5,1	5,1
20	2,3	2,4	2,4	2,7	2,7

Таблица 2.9.

Базовый удельный расход ВВ при взрывании котловых шпуровых зарядов, кг/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНИПу				
	IV	V	VI	VII	VIII
3	495/1,9	518/2,9	545/3,5	570/14,4	628/34,3
4	479/1,9	497/2,9	523/3,5	551/14,4	607/34,3
5	467/1,9	486/2,9	506/3,5	537/14,4	590/34,3

Примечание. В числителе приведен расход ВВ на основное взрывание, в знаменателе — на простреливание.

Таблица 2.10.

Базовый удельный расход ВВ при взрывании котловых скважинных зарядов, кг/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу				
	IV	V	VI	VII	VIII
10	214,2/0,7	245,2/1,1	275,4/1,4	312,6/6,7	344,3/18,2
12	209/0,7	240,4/1,2	268,8/2,6	306,6/7,5	337,3/20
15	206,8/0,7	237,1/2	266,1/3	300,6/10,7	330,3/24,1
20	201,6/0,7	231,9/1,2	260/4,5	294,6/14,6	323,3/26,8

Примечание. Диаметр скважины 110 мм. В числителе приведен расчет ВВ на основное взрывание, в знаменателе — на простреливание.

2.4. Метод малокамерных зарядов

Малокамерные заряды располагают в шурфах и штольнях или слегка наклонных выработках (рукавах) площадью сечения от 0,2 x 0,2 до 0,5 x 0,5 м. Длина рукавов должна составлять от 0,5 до 0,9 *H* (*H* — высота уступа), но не более 5 м. Максимальная высота уступов не должна превышать 8 м.

Сооружение рукавов производится прострелкой шпура пробуриваемого вдоль оси выработки.

Масса малокамерного заряда (кг):

$$Q = KW^3, \tag{2.44}$$

где *K* — расчетный удельный расход ВВ, принимаемый по табл. 1.3, кг/м³ грунта;

W — длина ЛНС, принимаемая по вертикали от центра заряда до поверхности, м.

Длина заряда не должна превышать 0,3 длины рукава.

При мгновенном способе взрывания расстояние между центрами зарядов (1 + 1, 1) *W*; при короткозамедленном взрывании — (1,2 + 1,3) *W*.

Взрывание малокамерных зарядов производится при помощи электродетонаторов, ДШ или огневым способом. При определении расхода огнепроводного шнура учтен его расход на простреливание шпуров, а также необходимость дублирования зажигательных трубок при их длине более 4 м.

Базовые нормы расходов (табл. 2.11) определены для рукавов с площадью поперечного сечения *S_б* = 0,04 м². Диаметр шпуров *d_б* = 42 мм.

Табл. 2.11

Базовый расход ВВ *q_б*, кг/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу				
	IV	V	VI	VII	VIII
2	294/35	380/35	388/68	570/68	610/83
3	294/16	374/21	430/31	520/47	585/79
4	300/7	390/13	446/27	542/43	600/70
5	300/5	387/9	445/25	528/39	630/70
6	290/3	370/9	444/25	530/37	660/63

Примечание. В числителе приведен расход ВВ на основное взрывание, в знаменателе — на простреливание.

2.5. Метод камерных зарядов

Метод камерных зарядов состоит во взрывании зарядов ВВ, помещенных в специальных выработках-камерах.

При использовании метода камерных зарядов во взрываеом массиве проводят подготовительные выработки, из которых, в свою очередь, осуществляется проведение зарядных камер (рис. 2.6).

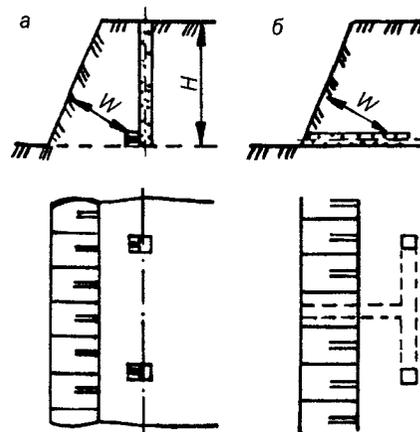


Рис. 2.6. Схема расположения зарядов в шурфах (а) и штольнях (б)

В качестве подготовительных выработок могут использоваться вертикальные (шурфы), горизонтальные (штольни, штреки, рассечки) или наклонные выработки. Область рационального применения вертикальных выработок ограничивается значениями высот, отбиваемых при помощи камерных зарядов, уступов в пределах 6–15 м. При высотах уступов 10–30 м используют горизонтальные и наклонные подготовительные выработки. Площадь сечения вертикальных подготовительных выработок обычно составляет 1,2 м², горизонтальных — 1,8 м².

Выбор типа подготовительных выработок производится в зависимости от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий применения метода камерных зарядов.

Масса камерных зарядов:

$$Q = KW^3, \quad (2.45)$$

где K — расчетный удельный расход ВВ (кг/м³), принимаемый табл. 1.3;

W — длина ЛНС, составляющая 0,7–0,9 высоты взрываемого уступа, м.

Объем камеры для размещения зарядов (м³):

$$V_k = Q/\Delta, \quad (2.46)$$

где Q — масса камерного заряда;

Δ — плотность заряжения (т/м³), принимаемая по табл. 2.13.

Таблица 2.13

Рациональная плотность заряжения

Заряды	Плотность заряжения, т/м ³		
	немеханизированного, с поверхности, ВВ россыпью	немеханизированного, с поверхности, ВВ в мешках	механизированного, пневматического
Камерные	0,85	0,8	0,94
Траншейные	0,87	0,79	0,94

Примечание. При немеханизированном заряжении в подземных камерах объемом более 25 м³ (ВВ в мешках) плотность заряжения 0,78 т/м³, а в камерах объемом до 25 м³ плотность заряжения 0,73 т/м³.

Расстояние между центрами зарядов в ряду должно составлять $(1,2 \div 1,4)W$.

Взрывание камерных зарядов — электрическое или с помощью ДШ. Все взрывные сети должны дублироваться.

При проходке вертикальных подготовительных выработок должно применяться только электрическое взрывание шпуровых зарядов. В случае использования горизонтальных подготовительных выработок взрывание может производиться огневым, электрическим способами или с помощью ДШ.

Форма камер и размеры их поперечного сечения устанавливаются проектом. В зависимости от устойчивости пород кровли и стенок выработки камера в плане может иметь форму квадратную, удлиненную, крестообразную, Т-образную, кольцевую и др., в поперечном (вертикальном) сечении — прямоугольную, трапециевидную или сводчатую.

Подводящие выработки к зарядным камерам должны иметь сечение в свету не менее: для шурфов 1 м² (1,0 x 1,0); для штолен 1,2 м² (1,5 x 0,8) при длине штольни до 10 м и 1,8 м² (1,8 x 1) при длине штольни более 10 м.

Сечения рассечек, связывающих зарядные камеры с шурфами или штольнями, принимаются

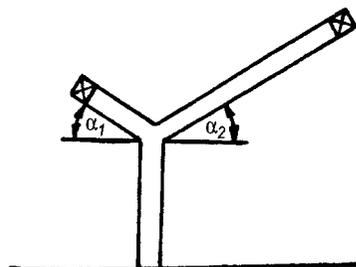


Рис. 2.7. Расположение штольни и рассечек

такими же, как и сечения штолен.

Штольни и рассечки следует располагать исходя из условия наименьшего объема проходческих работ. Это условие при расположении выработок согласно рис. 2.7 соблюдается в том случае, когда $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$

Устье шурфа должно быть закреплено сплошной венцовой крепью на глубину не менее 3 м. В устойчивых породах шурфы можно проходить без крепления (за исключением устья). Для облегчения последующего заряжения зарядные камеры должны непосредственно сопрягаться с шурфами. На участках с неустойчивыми породами допускается сопряжение шурфов

с камерами посредством рассечек. Участок сопряжения шурфа с камерой должен быть закреплен полными или неполными крепежными рамами. При проходке шурфов в обводненных породах обязательно устройство зумпфов глубиной не менее 0,5 м ниже подошвы зарядной камеры. Зумпф должен быть перекрыт деревянным настилом на уровне подошвы камеры.

Устье штольни должно быть закреплено крепежными рамами на протяжении не менее 3 м. Над входом должен быть сделан надежный козырек, предохраняющий от падающих кусков породы. В устойчивых породах штольни можно проводить без крепления (за исключением устья). При проведении в обводненных породах штольня должна иметь продольный уклон к устью не менее 0,003 и поперечный к водоотливной канавке — 0,005.

У шурфов и штолен на расстоянии не менее 3 м от устья устраиваются специальные площадки для размещения ВМ, предназначенных для заряжания.

Заряжание камер, проведенных из шурфов, может производиться следующими способами:

- а) пневмозарядчиками;
- б) через скважину, пробуренную над камерой, ближе к выходу, с использованием воронки и веревки с узлами для ликвидации пробок, образуемых застрявшим ВВ;
- в) засыпанием гранулированного (порошкообразного) ВВ через деревянные желоба, прикрепленные к стенке шурфа, или брезентовые трубы;
- г) опусканием ВВ через шурф в бумажных мешках, ящиках или иной таре при помощи воротка, подъемного крана или другими механизмами, имеющими тормоза, или на веревках.

Заряжание камер, проведенных из штолен (рассечек), производится при помощи пневмозарядчиков или вручную. Доставка ВВ в камеры осуществляется пневмотранспортом, вагонетками, конвейерами и т.д.

Запрещается использовать для заряжания незакрепленные выработки, в которых возможно осыпание пород с боков и кровли или вывалы отдельных блоков пород.

Во время заряжания в камерах не должно быть электропроводки, освещаются зарядные камеры из примыкающих выработок.

Выработки разрешается освещать от сети напряжением 220 В только до внесения в них боевиков с электродетонаторами. Перед внесением боевиков с электродетонаторами электропроводка должна быть снята и удалена из всех выработок. После снятия электропроводки выработки должны освещаться рудничными аккумуляторными или предохранительными бензиновыми лампами.

У каждого шурфа (штольни) должна быть установлена табличка с указанием номера выработки, веса зарядов, а при использовании нескольких видов ВВ — веса каждого ВВ в заряде.

Перед началом заряжания необходимо проверить прочность крепления устья подготовительных выработок.

Взрывная сеть должна дублироваться; применение огневого способа взрывания для дублирования запрещается.

Проверка сопротивления электровзрывной сети должна производиться как по окончании заряжания, так и по окончании забойки выработок.

Иницирование камерного заряда производится не менее чем от двух боевиков, которые помещаются в заряд после загрузки 80 — 100 % заданного количества ВВ. Минимальный вес боевика 5 — 10 кг. ВВ, идущее на его изготовление, должно быть тщательно просеяно, просушено, скорость его детонации должна быть не ниже скорости детонации любого из ВВ камерного заряда.

Боевики могут помещаться как в жесткую, так и в мягкую оболочку, например, в деревянную, жестяную или бумажную.

Для работ в обводненных условиях боевики помещают в металлические банки или в упаковку, покрытую гидроизолирующим материалом.

При электровзрывании в качестве инициатора в центре боевика помещают не менее двух электродетонаторов.

При бескапсюльном взрывании таким инициатором служит сложенный в несколько раз конец детонирующего шнура с завязанными узлами.

К проводам электродетонаторов или к нитям ДШ внутри боевика должны быть прикреплены планки, исключающие выдергивание проводов или ДШ из боевиков.

Провода от боевиков и детонирующий шнур выводят на поверхность через деревянные желоба или трубы.

Уложенные в заряде провода и детонирующий шнур на участке между боевиком и желобом должны быть обернуты несколькими слоями пергаментной бумаги или крафт-бумаги.

После заряжания выработки (загрузки ВВ и введения боевиков) производится ее забойка.

В горизонтальных выработках (штольнях, рассечках) сечением более 3 м² разрешается производить частичную забойку до установки боевиков. При этом должны оставаться ходки сечением не менее 1,2 м² для доставки боевиков и монтажа взрывной сети. Такие же ходки, ведущие к месту установки боевиков, устраивают в самой камере.

После установки боевиков ходки в камерах заполняют взрывчатым веществом, а в подводящих выработках — забоечным материалом.

При размещении зарядов в камерах, проведенных из рассечек, забоечный материал размещают только в самой рассечке и в месте ее сопряжения со штольной.

Шурфы заполняют забоечным материалом на всю глубину, причем первые 2—3 м от заряда — породой мелких фракций.

В шурфы забоечный материал может засыпаться бульдозером или другими механизмами; в горизонтальные выработки он подается при помощи вагонеток, конвейеров и т.п.

Радиусы опасных зон от разлета кусков породы при взрывании камерных зарядов на рыхление (с показателем действия взрыва $n < 1$) определяется расчетом. Для этого из всех зарядов, взрывааемых в данной серии, выбирается заряд с наибольшей ЛНС — W_{\max} и для него определяется условная величина ЛНС — $W_{н.в.}$, при которой он явился бы зарядом нормального выброса.

Для камерных зарядов $W_{н.в.}$ определяется по формуле:

$$W_{н.в.} = \frac{5}{7} W_{\max} \quad (2.47)$$

При одновременном взрывании ВВ в количестве 100 т должна быть учтена газоопасность взрыва. Величина газоопасной зоны определяется по формуле:

$$r, r_1 = 1,5\sqrt{CQ}, \text{ м.} \quad (2.48)$$

где C — количество ядовитых газов в пересчете на СО, выделяющихся при взрыве, л/кг; $C = 200$;
 Q — количество взрываемого ВВ, кг.

Радиус опасной зоны в подветренную сторону должен увеличиваться по сравнению с вычисленными по формуле с учетом скорости ветра.

В табл. 2.14 — 2.16 приведены некоторые базовые нормативы для камерных зарядов в вертикальных и горизонтальных подготовительных выработках. Площади поперечных сечений S шурфов и штолен приняты соответственно равными 1,2 и 1,8 м². Диаметр шпуров $d_б = 42$ мм, плотность заряжания камер $\Delta_k = 0,85$ т/м³, а шпуров $\Delta_{ш} = 0,9$ т/м³.

Таблица 2.14

Базовый объем бурения шпуров на проведении подготовительных выработок при взрывании камерных зарядов, м/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Подходные выработки — шурфы								
6	102	102	112	165	232	270	235	421
7	76	76	83	121	166	194	276	310
8	60	60	64,5	93,5	133	155	210	240
9	47,5	47,5	52	75	106	112	153	170
10	40	41	45	60	90	105	145	163
11	34	35	38	55	78	89	122	137
12	30	32	35	50	66	75	104	116
13	25	25	28	40	55	64	87	98
14	24	24	27	35	47	54	76	86
15	19	19	21	31	43	49	67	76
Подходные выработки — штольни								
10	52	55	57	81	99	112	141	157
15	34	25	27	36	46	52	65	72
20	14	15	16	21	27	31	40	44
25	9,7	10	11	15	19	21	26	29
30	7	8	8,4	11,5	14	15,6	19,6	22

Таблица 2.15.

**Базовый удельный объем проведения
подготовительных выработок м/1000м³ грунта**

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Подходные выработки — шурфы								
6	24	24	24	26	30	30	35	35
7	18	18	18	19	21	21	26	26
8	14	14	14	15	17	17	19	20
9	11	11	11	12	13	13	14	14
10	9	9,6	10	10,5	11	11	13	13
11	8	8	8	9	9,5	9,5	11	11
12	7	7	7	7	8	8	9	9
13	6	6	6	6	7	7	8	8
14	5,5	5,5	5,5	5,5	6	6	7	7
15	4,5	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6
Подходные выработки — штольни								
10	9,8	9,9	9,9	10,75	10,8	10,9	11,6	11,6
15	4,6	4,6	4,6	4,8	5	5	5,4	5,4
20	2,7	2,7	2,7	2,8	3	3,05	3,3	3,3
25	1,85	1,9	1,9	2	2,1	2,1	2,15	2,2
30	1,4	1,4	1,5	1,5	1,55	1,55	1,6	1,6

Таблица 2.16

Базовый удельный расход ВВ, кг/1000 м³ грунта

Высота уступа, м	Группа грунтов по СНиПу							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Подходные выработки — шурфы площадью сечения S_в = 1,2 м²								
<i>На основное взрывание</i>								
6-10	224	256	289	348	361	396	445	480
10-15	219	250	282	338	361	393	417	449
<i>На проведение подготовительных выработок</i>								
6	49	49	58	82	113	154	208	236
7	36	36	43	60	81	111	153	174
8	28	28	33	46	64	87	117	133
9	22	22	27	37	49	68	82	93
10	19	19	23	29	44	59	79	90
11	16	16	20	27	36	49	66	75
12	14	14	17	24	31	42	56	64
13	12	12	15	20	27	37	48	55
14	11	11	14	17	23	31	42	48
15	9	9	11	15	21	28	37	43
Подходные выработки штольни площадью сечения S_в = 1,8 м²								
<i>На основное взрывание</i>								
10-30	242	263	296	346	361	394	443	478
<i>На проведение подготовительных выработок</i>								
10	26	27	31	41	56	64	87	98
15	12	12	14	18	26	30	40	45
20	7	7	8,4	10,8	15,5	17,6	24,6	27,7
25	5	5	5,9	7,7	10,7	12,1	16,1	18,3
30	3,7	3,8	4,5	5,8	8,1	9	12,1	13,8

Глава 3

ВЗРЫВАНИЕ НАРУЖНЫМИ ЗАРЯДАМИ ВВ

Метод наружных (накладных) зарядов заключается во взрывании зарядов ВВ, расположенных непосредственно на поверхности разрушаемого объекта.

Этот метод применяют при дроблении негабаритных кусков, получаемых в процессе взрывных работ на карьерах и валунов, а также при разрушении металлических конструкций, валке деревьев, подводных взрывах и при ряде других взрывных работ.

В качестве наружных зарядов обычно используют стандартные заряды (патроны ВВ, прессованные шашки ВВ, кумулятивные заряды). Их характеристики приведены в (гл. 5).

Для повышения эффективности наружные заряды прикрывают забоечным материалом, слой которого должен быть не меньше одной — двух толщин заряда.

Наружные заряды применяют в тех случаях, когда невозможно или нецелесообразно производить бурение для размещения зарядов. Этот метод может применяться при дроблении негабаритных кусков породы, металла, железобетона при перебивании удлиненных предметов и др.

При дроблении негабаритных кусков и валунов заряд помещают на поверхности взрываемого куска примерно над центром куска.

Масса наружного заряда Q определяется по формулам:
■ при дроблении негабаритных кусков:

$$Q = K_n V, \quad (3.1)$$

где K_n — удельный расход ВВ на дробление породы (материала), принимаемый для скальных пород в пределах 1,5 — 3 кг/м³;

V — объем куска, м³;

- при перебивании предметов удлиненной формы (брус, рельс, бревно и т.п.):

$$Q = K_s S, \quad (3.2)$$

где K_s — расчетный коэффициент, г/см², принимаемый по табл. 3.1.

S — площадь поперечного сечения перебиваемого предмета, см².

Таблица 3.1.

Расчетный коэффициент K_s для перебивания удлиненных предметов аммонитом №6 ЖВ

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

Для производства взрывных работ методом наружных зарядов необходимо применять мощные ВВ (тротил, аммонит №6 ЖВ и т.п.).

Форма наружного заряда должна быть по возможности плоской, толщина его должна быть не менее критического диаметра применяемого ВВ.

Для разрушения предметов сосредоточенной формы наружный заряд располагают против центра тяжести по возможности на плоских или вогнутых поверхностях. В некоторых случаях для облегчения работы зарядов следует искусственно создавать ослабленное сечение (затес дерева, подпиливание, подрезка огнем металлических конструкций и т.п.).

Заряд порошкообразного ВВ в случае привязки к предмету должен быть запатронирован в эластичную оболочку, которая при креплении к поверхности разрушаемого предмета легко повторяет ее форму и обеспечивает плотное прилегание заряда.

В качестве забойки следует применять материал, имеющийся на месте работ, удобный для равномерного расположения на заряде и не содержащий твердых тяжелых предметов (камней, кусков металла и т.п.). Хорошим забоечным материалом для наружного заряда служит слой песка, супеси и т.п.

При взрывании нескольких наружных зарядов на одном объекте или на нескольких находящихся рядом объектах необходимо заряды размещать так, чтобы взрыв одного из них не повредил соседние заряды. Если это сделать не представляется возможным, взрывание должно производиться только одновременно при помощи электродетонаторов мгновенного действия или детонирующего шнура.

Запрещается закрывать заряд или детонирующий шнур камнями, щебнем и другими тяжелыми предметами.

4.1. Взрывные работы на карьерах

Технология БВР

В зависимости от поставленных задач отбойка горной массы на карьерах производится методом шпуровых, скважинных, котловых, камерных, малокамерных и наружных зарядов. Методы могут применяться каждый в отдельности или комбинированно, например, скважинные заряды совместно со шпуровыми для дробления породы в уступе. При этом шпуровые заряды располагают в верхнем крепком пласте, дающем повышенный процент выхода негабарита.

Основным методом взрывных пород на карьерах является метод вертикальных скважинных зарядов, который применяется при мощности взрываемого слоя более 2,5–3 м и наличии площадок для установки бурового станка. Однако при значительной высоте уступа наклонные скважинные заряды по сравнению с вертикальными обеспечивают более равномерное дробление породы, лучшую проработку подошвы уступа и уменьшение расхода ВВ.

Метод шпуровых зарядов применяется при:

- небольшой мощности взрываемого слоя (до 2,5–3 м);
- выборочной выемке пластов полезного ископаемого, когда не допускается смешивание отдельных маломощных пачек, а также при добыче особо ценных полезных ископаемых, которые требуют сохранения их структуры;
- планировочных работах и проходке небольших выемок;

- проведении выработок для массовых взрывов методом камерных зарядов;
- дроблении негабаритных кусков пород, валунов;
- дроблении мерзлых грунтов и т.п.

Метод малокамерных зарядов (рукавов) может применяться при отсутствии или недостатке буровых станков, а также в тех случаях, когда невозможно разместить станки в забое. Высота уступа при этом не должна превышать 8 м, а глубина рукава — 5 м.

При хорошей простреливаемости горной породы и относительно невысоких требованиях к степени ее измельчения может применяться метод котловых зарядов.

Метод камерных зарядов на карьерах имеет весьма ограниченное применение и может быть рекомендован в тех случаях, когда высота уступа превышает 12–15 м, а применять буровые станки невозможно.

Способ бурения взрывных скважин выбирается в зависимости от крепости пород и производительности буровых механизмов. При преобладании пород с группой крепости по классификации СНИП не более VI–VII целесообразно применять станки вращательного бурения, в более крепких породах или при перемеживающихся породах различной крепости целесообразны пневмоударный и шарошечный способы бурения. В кварцесодержащих породах (кварциты и т.п.) может применяться огневой способ бурения.

При выборе диаметра заряда необходимо учитывать взрываемость и трещиноватость, а также требуемую степень дробления породы. При легко- и средне-взрываемых породах, а также трещиноватых, мелко- и среднеблочных породах диаметр заряда не оказывает решающего влияния на степень дробления породы и он должен приниматься возможно большим. В крупноблочных породах целесообразно применять скважины диаметром 150–200 мм, а в весьма крупноблочных и исключительно крупноблочных — 100–150 мм. Выбранный диаметр скважины не должен превышать значений, вычисленных по соответствующим формулам.

Требуемая ширина развала и необходимая степень дробления породы достигается выбором соответствующих величин СПП, длины забойки, удельного расхо-

да ВВ на отбойку 1 м³ породы, а также применением определенных схем короткозамедленного взрывания.

Ширина развала взорванной породы B , считая от линии скважин первого ряда, ориентировочно определяется по формуле:

$$B = 5q\sqrt{WH}, \quad (4.1)$$

где q — фактический удельный расход ВВ, кг/м³;

W — сопротивление по подошве уступа, м;

H — высота уступа, м.

Высота развала ориентировочно составляет $(0,5 \div 0,6)H$.

Работы по подготовке и проведению массового взрыва осуществляются в следующей очередности:

- расчет величин и расположения зарядов;
- разметка скважин;
- бурение скважин;
- съёмка фактического расположения и глубины скважин после бурения;
- корректировка веса зарядов;
- заряджение и забойка скважин;
- производство взрыва;
- фиксирование результатов взрыва, в том числе ширины и высоты развала.

Буровой станок следует устанавливать так, чтобы ось бурения проходила через заданную точку или на расстоянии не более одного-двух диаметров скважин от нее.

По фактической сетке расположения скважин корректируется вес зарядов. При этом необходимо учитывать, что вес скважинных зарядов, рассчитанный на оптимальные параметры, может корректироваться только в меньшую сторону. В этом случае, когда расстояния между скважинами завышены, увеличивать вес заряда за счет сокращения установленной длины забойки не допускается.

При неоднородных породах, слагающих уступ, для дробления более крепких слоев рекомендуется применять более мощные ВВ.

К началу заряджания на границах опасной зоны выставляются посты оцепления и доступ посторонних лиц в зону прекращается.

Скважины, пробуренные станками огневого бурения, разрешается заряжать не ранее чем через 24 ч после окончания бурения.

Приступая к заряджанию скважины, взрывник должен измерить ее глубину, а впоследствии следить за заполнением скважины ВВ (длиной заряда), измерять оставшуюся свободной часть скважины.

При заряджании обводненных скважин вручную необходимо учитывать повышенную вероятность образования пробок при засыпании ВВ, поскольку последнее тонет с меньшей скоростью, чем поступает в сухую часть скважины. Заряджение обводненной части скважины должно производиться через воронку независимо от диаметра скважины, причем диаметр отверстия воронки подбирается опытным путем.

Патроны, опускаемые в скважины, должны иметь прочное веревочное ушко. Опускать такие патроны в скважины разрешается только при помощи прочного шпата или веревки, снабженной крючком, легко освобождающимся от ушка патрона после его опускания. Сбрасывать патроны запрещается.

При заряджании патронированными ВВ обводненных скважин необходимо иметь в виду, что патроны, достигнув дна скважины, за счет илистого слоя продолжают медленно опускаться, в связи с чем детонирующий шнур или концевики проводов должны быть ослаблены.

Заряджение скважин (шпуров, рукавов) может производиться вручную или механизировано.

По окончании заряджания приступают к забойке оставшейся свободной части скважины. Следует избегать взрывания без забойки, так как оно сопровождается повышенной интенсивностью воздушной ударной волны и увеличенным разлетом породы, недостаточным использованием энергии взрыва на дробление породы, на преодоление СПП.

Засыпка в скважины ВВ и забоечного материала должна производиться так, чтобы не повредить концевиков детонирующего, огнепроводного шнуров, электропроводов.

После массового взрыва до начала уборки породы все видимые на развале негабаритные куски должны быть взорваны. В дальнейшем с целью создания безо-

пасных условий работ при бурении и взрывании негабаритные куски должны раскладываться не более чем в один слой.

Дробление негабаритных кусков породы следует производить в соответствии с пунктом «Дробление негабаритных кусков и валунов» (стр. 169).

Допустимый размер крупных кусков (в мм) для дробилок различных типов и с различной величиной приемного отверстия (в мм) находится в пределах 400–1200 мм.

Максимальный допустимый размер крупных кусков для экскаваторов при различной геометрической емкости ковша составляет:

Емкость ковша, м ³	Размер куска, м
1	0,75
2	0,90
3	1,00
4	1,10
6	1,30
8	1,50

При огневом способе взрывания негабарита, расположенного на развале, зажигание шнуров должно производиться в направлении сверху вниз.

Если участок, производящий взрывание работы, расходует одновременно свыше 150–200 электродетонаторов на разделку негабарита, целесообразно организовать выдачу взрывника со склада ВМ предварительно смонтированных сетей электродетонаторов.

Расчет параметров буровзрывных работ на уступе приведены в гл. 2.

Контурное взрывание

Контурное взрывание применяют для получения бортов выемок с гладкими и крутыми откосами (с заложением до 1:0), а также с целью снижения степени разрушения законтурной части массива и уменьшения сейсмического воздействия на охраняемые здания и сооружения.

На открытых горных работах и в строительстве наиболее эффективно применение метода предвари-

тельного щелеобразования, заключающегося в создании экранирующей щели.

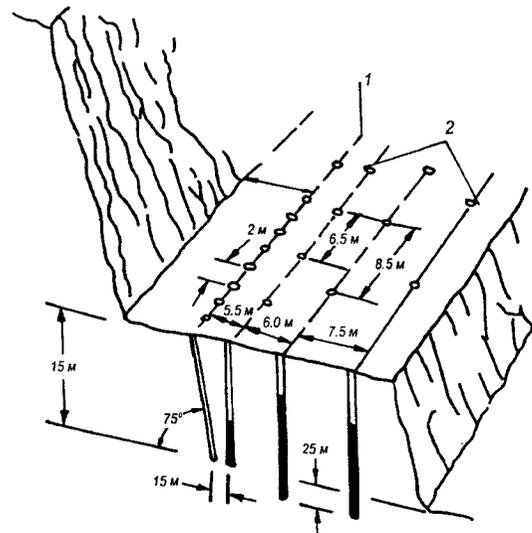


Рис. 4.1. Расположение контурных (1) и отбойных (2) скважин на уступе.

Контурные скважины должны быть пробурены строго параллельно откосу выемки (рис. 4.1).

Глубину контурных скважин принимают равной глубине основных скважин, в которых размещаются заряды рыхления. В том случае, когда к сохранности бортов предъявляются повышенные требования, глубин контурных скважин должна на 7–12 диаметров превышать глубину основных скважин (соответственно в трещиноватых и монолитных породах).

Заряд в контурных скважинах обычно представляет собой гирлянду из патронов ВВ, привязанных к ДШ. В донной части скважин помещают сплошной заряд ВВ обычной конструкции, массой в зависимости от горногеологических и горнотехнических условий (1–5 кг). Диаметр контурных скважин должен превышать диаметр патронов в 3–3,5 раза.

Для заряжания контурных скважин следует использовать ВВ средней работоспособности и мощности

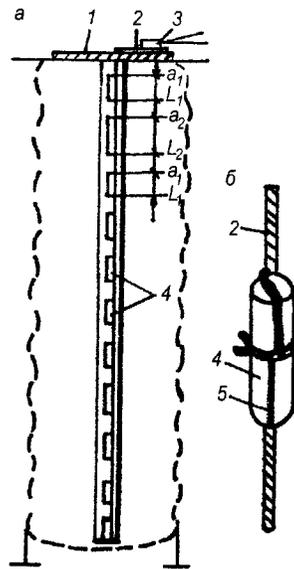


Рис. 4.2. Схема размещения патронов ВВ в шпуре
 $(a_1 = 100-150 \text{ мм};$
 $a_2 = 75-100 \text{ мм};$
 $L_1, L_2 = 220-250 \text{ мм});$
 а — разрез заряженного шпура;
 б — прикрепление патрона ВВ к ДШ (патрон прикрепляют в трех точках);
 1 — деревянная переключина;
 2 — ДШ;
 3 — электродетонатор;
 4 — патрон ВВ;
 5 — шпигат.

(типа аммонита №6 ЖВ, ПЖВ-20 и т.п.). Заряды в контурных скважинах взрывают одновременно. Интервал замедления между взрывом основных зарядов и зарядов в контурных скважинах должен составлять не менее 100 мс в породах IV — VI групп и не менее 75 мс в породах VII — XI групп по шкале СНиПа.

Заряд не должен касаться боковых стенок контурных скважин. После установки гирлянды производится забойка скважин на их полную высоту. Длина забойки должна составлять не менее 15 диаметров контурной скважины. Способ взрывания зарядов в контурных скважинах такой же, как и основных зарядов рыхления.

Базовые нормативы для контурного взрывания скважинных зарядов определены для скважин диаметром $d = 110 \text{ мм}$. В качестве ВВ использован аммонит №6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм и плотностью $P = 1 \text{ кг/м}$.

Линейная плотность контурного заряда P_6 в зависимости от группы грунтов по СНиПу

F	IV-V	VI-VII	VIII-IX	X-XI
$P_6, \text{ кг/м}$	0,27	0,47	0,51	0,55

Таблица 4.1.

Базовый расход ВВ $q_6, \text{ кг/1000 м}^3$ поверхности откола

Высота уступа, м	Расстояние между контурными скважинами, м				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Грунты IV-V групп по СНиПу					
5	720	599,9	514,3	450	399,9
6	700	583,3	500	437,5	388,9
7	685,7	571,4	489,8	428,6	380,9
8	675	562,5	482,1	421,9	374,9
9	666,7	555,5	476,2	416,7	370,4
10	660	550	471,4	412,5	366,7
11	654,6	545,5	467,5	409,1	363,6
12	649,9	541,6	464,3	406,2	361,1
13	646,1	538,4	461,5	403,8	358,9
14	642,9	535,7	459,2	401,8	357,2
15	640	533,4	457,2	400	333,6
Грунты VI-VII групп по СНиПу					
5	1248	1039,9	891,4	780	693,3
6	1213,4	1011,1	866,7	758,3	674,1
7	1188,6	990,5	849	742,9	660,3
8	1170	974,9	835,7	731,3	649,9
9	1155,5	962,9	825,4	722,2	641,9
10	1144	953,4	817,2	715	635,6
11	1134,6	945,5	810,4	709,1	630,3
12	1126,6	933,8	804,7	704,1	625,9
13	1119,9	933,3	799,9	699,9	622,2
14	1114,3	928,6	795,9	696,4	619,1
15	1109,4	924,5	792,4	693,4	616,3
Грунты VIII-IX групп по СНиПу					
5	1344	1119,9	959,9	840	746,7
6	1306,7	1088,9	933,4	816,7	725,9
7	1280	1066,7	914,3	800	711,1
8	1260	1049,9	899,9	787,5	699,9
9	1244,4	1037	888,9	777,8	691,4
10	1232	1026,7	880	770	684,4
11	1221,8	1018,2	872,7	763,6	678,8
12	1213,3	1011	866,6	758,3	674
13	1206,1	1005,1	861,5	753,8	670,1
14	1200	1000	857,1	750	666,7
15	1194,7	995,6	853,4	746,7	663,7
Грунты X-XI групп по СНиПу					
5	1440	1199,9	1028,6	900	799,9
6	1400	1166,7	1000	875	777,8
7	1371,5	1142,9	979,6	857,2	761,9
8	1350	1124,9	964,3	843,8	749,9
9	1333,3	1111,1	952,4	833,3	740,7
10	1320	1100	942,9	825	733,3
11	1309,1	1090,9	935,1	818,2	727,3
12	1299,9	1083,3	928,5	812,5	722,2
13	1292,3	1076,9	923,1	807,7	717,9
14	1285,7	1071,5	918,4	803,6	714,3
15	1280,1	1066,8	914,3	800,0	711,1

Таблица 4.2.

Базовый расход детонирующего шнура $q_{\text{ДШ.б}}$, м/1000 м² поверхности откола

Высота уступа, м	Расстояние между контурными скважинами, м				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5	3005	2538,3	2204,9	1955	1760,6
6	2838,4	2393,9	2076,5	1838,4	1653,2
7	2719,3	2284,5	1984,7	1755	1576,5
8	2630	2213,3	1915,7	1692,5	1518,9
9	2560,5	2153,1	1862,1	1643,9	1474,1
10	2505	2105	1819,3	1605	1438,3
11	2464,6	2070,7	1789,2	1578,2	1414,1
12	2426,6	2037,7	1759,9	1551,6	1389,6
13	2394,5	2009,9	1735,3	1529,2	1368,9
14	2367,2	1986,2	1714,1	1510	1351,3
15	2343,5	1965,7	1695,8	1493,4	1335,9

Таблица 4.3.

Базовый объем бурения контурных скважин ρ_{δ} , м/1000 м² площади откола

Высота уступа, м	Расстояние между контурными скважинами a_{δ} , м				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5	2640	2199,9	1885,7	1650	1466,7
6	2566,7	2138,9	1833,4	1604,2	1425,9
7	2514,3	2095,3	1795,9	1571,5	1396,9
8	2475	2062,5	1767,8	1546,9	1375
9	2444,4	2036,9	1746	1527,8	1358
10	2420	2016,7	1728,6	1512,5	1344,4
11	2400	2000,1	1714,3	1500	1333,3
12	2383,2	1985,9	1702,3	1489,5	1324
13	2369,1	1974,3	1692,3	1480,7	1316,2
14	2357,2	1964,3	1683,7	1473,2	1309,2
15	2346,8	1955,7	1676,2	1466,7	1303,8

Надежное образование направленной трещины обеспечивается путем одновременного взрывания контурных скважин с помощью ДШ.

Расстояние между заряженными контурными скважинами (м) при предварительном трещинообразовании можно определить по формуле (4.2) предложенной в работе [2]:

$$a = Kd \left(1 + 2^{1/n} \right) \left\{ 2vP_{\delta} (V_3/V_c)^{\chi} / [\sigma_p \cdot (1-v)(1+C)] \right\}^{1/m}, \quad (4.2)$$

где $K = 0,95 - 1,2$ — коэффициент, учитывающий ориентацию естественных трещин в массиве горных пород относительно плоскости оконтуривания;

d — диаметр скважины, м;

v — коэффициент Пуассона;

P_{δ} — детонационное давление в заряде ВВ, Па;

V_3 — объем заряда ВВ в скважине, м³;

V_c — объем скважины;

$\chi = 1,17 - 1,25$ — показатель адиабаты;

σ_p — предел прочности горной породы при растяжении, Па;

C — безразмерная величина;

m — степень затухания ударной волны в зоне разрушения.

Степень затухания ударной волны в зоне разрушения:

$$m = 2 + v / (1 - v); \quad (4.3)$$

в зоне образования направленной трещины:

$$n = 2 - v / (1 - v). \quad (4.4)$$

Детонационное давление (Па) в заряде ВВ определяют по формуле:

$$P_{\delta} = 10\delta v \cdot (4g), \quad (4.5)$$

где δ — средняя плотность заряда ВВ в скважине, кг/м³;

— скорость детонации, м/с;

10 — переводной множитель для системы «СИ»;

g — ускорение свободного падения, м/с².

$$C = \delta v / (\gamma C_n) \quad (4.6)$$

где γ — плотность горной породы, кг/м³;

C_n — скорость продольной волны в горной породе, м/с.

Пример.

Естественная трещиноватость массива совпадает с направлением контурного взрывания $K = 1,2$; коэффициент $\nu = 0,26$; предел прочности массива при растяжении $\delta_p = 101 \cdot 10^5 \text{ Па} = 10 \text{ МПа}$; отношение $V_3 / V_c = 0,8$; показатель адиабаты для зерногранулита $\chi = 1,2$; плотность заряда ВВ в скважине $\delta = 1100 \text{ кг/м}$; скорость детонации $\vartheta = 4000 \text{ м/с}$; скорость продольной волны в массиве $C_n = 5650 \text{ м/с}$.

Решение.

1. Степень затухания ударной волны в зоне разрушения определяем по формуле (4.3):

$$m = 2 + 0,26 / (1 - 0,26) = 2,35$$

2. Степень затухания ударной волны в зоне образования направленной трещины между скважинами находим по формуле (4.4):

$$n = 2 - 0,26 / (1 - 0,26) = 1,65.$$

3. Детонационное давление в заряде ВВ подсчитываем по формуле (4.5):

$$P_d = 10 \cdot 1100 \cdot 4000^2 / (4 \cdot 9,81) = 4,5 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$

4. Отношение импеданса ВВ к импедансу породы находим по формуле (4.6):

$$C = 1100 \cdot 4000 / (3,6 \cdot 10^3 \cdot 5650) = 0,22.$$

5. Расстояние между контурными скважинами определяем по формуле (4.2):

$$a = 1,2 \cdot 0,075 (1 + 2^{1/1,65}) \left\{ 2 \cdot 0,26 \cdot 45 \cdot 10^8 \cdot 0,8^{1,2} / [101 \cdot 10^5 \times (1 - 0,26)(1 + 0,22)] \right\}^{1/2,35} = 2,15, \text{ м}.$$

6. Принимаем расстояние между смежными заряженными контурными скважинами $a = 2 \text{ м}$.

Дробление негабаритных кусков и валунов

Для дробления негабаритных кусков и валунов применяют шпуровые или наружные (накладные) заряды (рис. 4.3).

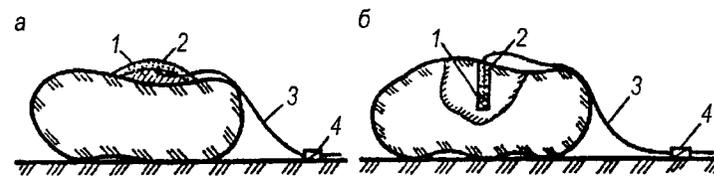


Рис. 4.3. Разрушение негабарита накладными (а) и шпуровыми (б) зарядами:

1 — заряд ВВ; 2 — забойка;

Масса шпуровых и наружных зарядов:

$$Q = K_H V, \quad (4.7)$$

где K_H — удельный расход ВВ, кг/м^3 ;
 V — объем негабаритного куска, м^3 .

При дроблении негабаритных кусков параметры шпуровых зарядов принимают по табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Параметры шпуровых зарядов для дробления негабаритных кусков

Диаметр заряда 32 мм			Диаметр заряда 36 мм		
Длина ребра куска негабарита, м	Глубина бурения, см	Масса заряда, г	Длина ребра куска негабарита, м	Глубина бурения, см	Масса заряда, г
0,5	15	20–40	1,1	50–55	100–200
0,6	20	30–60	1,2	55–60	120–250
0,7	25	40–80	1,3	60–65	140–280
0,8	25–30	50–100	1,4	65–70	170–340
0,9	35–40	70–140	1,5	70–80	190–380
1	45–50	90–180			

Примечание. Нижний и верхний пределы глубины бурения и массы зарядов относятся к грунтам соответственно V и XI групп по СНиПу.

Иницирование шпуровых и накладных зарядов производится ДШ, ОШ и электродетонаторами, а кумулятивных — детонирующим шнуром.

Для разрушения негабаритных кусков и валунов применяются кумулятивные заряды типа ЗКН (без стальной облицовки кумулятивной выемки) и ЗКП (со стальной облицовкой). Типоразмер кумулятивного заряда ограничивается предельными размерами (максимальной толщиной и объемом) разрушаемых негабаритных кусков и валунов согласно табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Параметры кумулятивных зарядов и предельные размеры негабаритных кусков

Кумулятивный заряд	Общая масса ВВ, г	Размеры заряда, мм		Предельные размеры разрушаемых кусков	
		диаметр	высота	максимальная толщина, м	Объем, м
ЗКП-200	245	100	41	0,8	0,8
ЗКП-400	475	125	57	1	1,6
ЗКП-1000	1229	175	72	1,4	2,5
ЗКП-2000	2179	200	82	2,2	4,4
ЗКП-4000	4000	250	105	2,8	6,9
ЗКН-180	180	90	35	0,55	0,75
ЗКН-260	260	100	40	0,75	0,9
ЗКН-500	500	130	50	1	1,6
ЗКН-1000	1000	150	75	1,2	2
ЗКН-2000	2000	190	90	1,6	3,1
ЗКН-4000	4000	230	115	2	5

Таблица 4.6.

Базовый расход ВВ (кг) на дробление 1000 м³ негабаритных кусков (валунов)

Заряды	Группа грунтов по СнИПу								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Шпуровые	140	180	230	280	330	380	440	480	
Накладные	720	950	1200	1425	1700	1920	2150	2400	
Кумулятивные	400	500	600	700	800	900	1000	1100	

Глубину шпуров для размещения в них заряда принимают из такого расчета, чтобы заряд по возможности располагался в центре взрываемого валуна или куска негабарита. При дроблении негабарита разрешается глубину шпура принимать в пределах 0,3–0,5 толщины куска.

Диаметр шпуров должен быть по возможности небольшим (до 36 мм).

Свободная от заряда часть шпура заполняется забоечным материалом. В отдельных случаях допускается взрывание шпуров без забойки.

Если взрывом одного заряда кусок не может быть разрушен вследствие значительного объема или растянутости формы, необходимо пробурить несколько шпуров, равномерно распределенных по поверхности куска. Шпуровые заряды при этом должны взрываться одновременно.

Для иницирования шпуровых и наружных зарядов следует применять электрический способ взрывания или детонирующий шнур; разрешается также применение огневого способа взрывания.

Способ взрывания должен быть таким, чтобы взрыв одного заряда не приводил к отказам соседних зарядов.

При дроблении негабаритных кусков и валунов наружными зарядами для достижения наиболее плотного контакта ВВ следует располагать на ровной или вогнутой поверхности. В качестве забойки следует применять материал, имеющийся на месте работ, удобный для равномерного размещения на заряде и не содержащий твердых тяжелых предметов (камней, гальки и т.п.). Хорошей забойкой для наружного заряда является слой песка, супеси, суглинка и т.п.

При взрывании на открытых работах в грунтах и скальных породах суммарная величина одновременно взрываемых (детонирующим шнуром или электродетонаторами мгновенного действия) наружных зарядов не должна превышать 20 кг ВВ.

Если валун находится глубоко в земле и его надо лишь отбросить, то заряд помещается в подкопе под валуном, а его величина рассчитывается по формуле:

$$Q = KV, \text{ кг}, \quad (4.8)$$

где K — удельный расход ВВ, принимаемый для аммонита №6 ЖВ равным 1,5–2 кг/м³ в зависимости от характера грунта, в котором находится валун; меньшее значение K принимается при расположении валуна на скальной

породе, большее — при расположении в мягких грунтах;

V — объем валуна, м³.

Подкоп после размещения в нем заряда забивают до устья извлеченным из него материалом, который не должен содержать камней или корней. Материал забойки в верхней части должен быть уплотнен.

Для ликвидации отказавшего в подкопе заряда следует осторожно вынуть забоечный материал, не трогая заряда, положить новый боевик весом не менее 15 % веса отказавшего заряда, сделать вновь забойку и произвести взрывание.

В стесненных условиях для снижения радиуса разлета осколков дробление негабаритных кусков производится гидровзрывным способом, при котором используется эффект гидравлического удара, возникающего в шпуре, заполненном водой, при взрыве заряда ВВ небольшого веса или детонирующего шнура.

При использовании гидровзрывного способа шпур для размещения зарядов бурят по центру негабаритного куска на глубину 0,3–0,7 его толщины, но не менее 30–50 см. На дно шпура опускают запатронированный заряд, состоящий из водостойчивого ВВ с установленным в нем электродетонатором или зажигательной трубкой. Вес заряда принимается из расчета 25–50 г на 1 м негабарита.

4.2. Взрывные работы при сооружении котлованов и траншей

При сооружении котлованов и траншей применяются как шпуровые, так и скважинные заряды рыхления, обычно взрывающиеся при наличии одной свободной поверхности (рис. 4.4).

Расстояние (м) между зарядами в ряду:

$$a = m\sqrt{P/K}, \quad (4.9)$$

где $m = 0,7–0,9$ — относительное расстояние между зарядами в ряду.

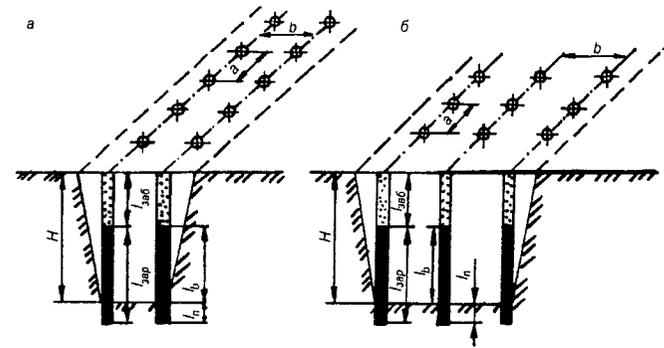


Рис. 4.4. Схема расположения зарядов при сооружении траншей

Расстояние между рядами зарядов:

$$b = (0,8 - 1)a. \quad (4.10)$$

Длина забойки:

$$l_{заб.н} = l_{заб} / \sin \alpha_n. \quad (4.11)$$

Глубина перебура (м):

$$l_{в.н} = H / \sin \alpha_n - l_{заб.н}, \quad (4.12)$$

где $l_{в}$ — высота заряда над проектной отметкой дна траншеи или котлована, м;

$$l_{в.г} = l_{в.н} \left[\sin \alpha_n - \frac{\cos \alpha_n}{W / (H - l_{заб} \sin \alpha_n) - 1 / l_{в.н}} \right]$$

где H — мощность взрываемого слоя грунта, м.

Длина (м) заряда ВВ в скважине (шпуре):

$$l_{н.г} = l_{в.г} \left(\sqrt[3]{1 + W^2 / l_{в.г}^2} - 1 \right). \quad (4.13)$$

Масса заряда (кг) определяется по вместимости скважин (шпура):

$$l_{н.н} = \frac{l_{н.г}}{\sin \alpha_n + W \cos \alpha_n / l_{н.г}}. \quad (4.14)$$

При использовании шпуровых зарядов их инициирование может производиться огневым и электрическим способом или с помощью ДШ. Нормы расходов ВМ разработаны для условий сооружения траншей, строительства котлованов и планировочных работ.

4.3. Взрывание на выброс

Выемки заданного профиля образуются взрыванием зарядов, рассчитанных на выброс породы.

Сосредоточенные заряды

Сосредоточенными являются заряды ВВ, длина которых не превышает 5–7 их диаметров (ширины или высоты камер, в которых они располагаются).

В зависимости от условий производства работ сосредоточенные заряды могут располагаться в один или несколько рядов вдоль оси выемок.

При расположении зарядов в два или три ряда показателя действия взрыва достигается направленный выброс пород из проектного контура выемок. В заданном направлении в этом случае может быть размещено до 60–70 % общего объема выбрасываемых пород.

Массу сосредоточенных зарядов (кг) выброса определяют по формуле М.М. Борескова:

$$Q = KW^3(0,4 + 0,6n^3), \quad (4.15)$$

где K — расчетный удельный расход ВВ (табл. 1.3), кг/см³;
 W — длина ЛНС; м;

$n = 1,25 - 4$ — показатель действия взрыва, численно равный отношению радиуса воронки взрыва к ЛНС и принимаемый при проектировании сосредоточенных зарядов выброса в зависимости от горнотехнических условий производства работ.

При значениях ЛНС более 25 м масса сосредоточенных зарядов (кг):

$$Q = BKW^3(0,4 + 0,6n^3), \quad (4.16)$$

где B — поправочный коэффициент, учитывающий глубину заложения заряда.

$$B = W^{0,00032(W-25)}, \quad (4.17)$$

Значения поправочного коэффициента для величин ЛНС в пределах от 25 до 100 м приведены в табл. 4.6, а функции $0,4 + 0,6n$ для n в пределах от 1 до 3 — в табл. 4.7.

Таблица 4.6.

Значения B для $W = 25 - 100$ м

W	B	W	B
25	1,00	65	1,70
30	1,06	70	1,84
35	1,12	75	2,00
40	1,19	80	2,16
45	1,28	85	2,30
50	1,37	90	2,55
55	1,47	100	3,00
60	1,58		

Таблица 4.7.

Значение $0,4 + 0,6n$ при $n = 1 - 3$

n	$0,4+0,6n$	n	$0,4+0,6n$
1,00	1,00	2,25	7,23
1,25	1,57	2,50	9,78
1,50	2,43	2,75	12,90
1,75	3,62	3,00	16,60
2,00	5,20		

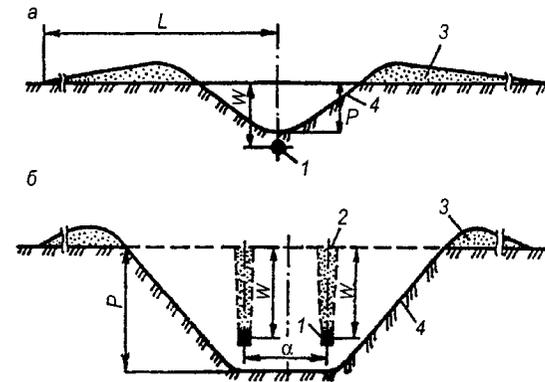


Рис. 4.5. Схема расположения зарядов выброса сосредоточенных (а) и траншейных (б):

- 1 — заряд; 3 — развал взорванной породы;
 2 — забойка; 4 — профиль выемки после взрыва

При однорядном расположении зарядов расстояние (м) между зарядами в ряду (рис. 4.5):

$$a = 0,5W(n+1). \quad (4.18)$$

Значение a для часто встречающихся величин n :

n	a
1,5	1,25W
2,0	1,5W
2,5	1,8W
3,0	2,0W

При двух- и трехрядном расположении зарядов расстояние между рядами B принимается равным расстоянию между зарядами в ряду. В том случае, когда расстояние между зарядами в соседних рядах не равны между собой:

$$B = (a_1 + a_2)/2, \quad (4.19)$$

где a_1 и a_2 — расстояния между зарядами в соседних рядах, м.

Видимая глубина выемок после взрывов (м):

$$P = K_1W(2n - 1), \quad (4.20)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий условия производства взрывов на выброс.

Длина развала выброшенной породы (м):

$$L = 5nW. \quad (4.21)$$

В том случае, когда известен фактический удельный расход ВВ длина развала:

$$L = 4W\sqrt{qn}, \quad (4.22)$$

где q — фактический удельный расход ВВ, кг/м³ выброшенной породы.

Расчет распределения объема выброшенной породы, находящийся на различном расстоянии от борта воронки взрыва, производится по формуле:

$$V_r = \left[1 - \left(\frac{L - nW - r_x}{L - nW} \right)^2 \right], \quad (4.23)$$

где V_r — часть (доля) выброшенного объема породы, находящегося на расстоянии r_x от борта воронки.

Высота (м) навала породы, выброшенной на борта сооружаемой выемки:

$$h = 0,7W/n. \quad (4.24)$$

При известном фактическом удельном расходе ВВ высота навала (м):

$$h = 0,15 + P/q. \quad (4.25)$$

Удлиненные заряды выброса

К удлиненным зарядам относятся траншейные и штольневые заряды выброса. Траншейные заряды используют для получения выемок глубиной до 8—10 м. При большей глубине сооружаемых выемок применяют штольневые заряды. Основными преимуществами применения удлиненных зарядов по сравнению с сосредоточенными зарядами выброса являются: возможность получения практически «готовых» выемок с более ровными поверхностями, уменьшение степени фильтрации через дно и стенки выемок, обеспечение более высокой степени механизации проходческих работ.

К недостаткам метода траншейных зарядов выброса относятся увеличенный расход ВВ и повышенный объем проходческих работ. В случае применения штольневых зарядов уменьшается число забоев, где могут одновременно производиться работы, и соответственно снижаются скорости проходки, а также возрастают затраты на транспортирование породы из забоев по сравнению с применением сосредоточенных зарядов.

Удлиненные заряды располагают в выработках, предварительно пройденных вдоль оси выемок. Выбор типа оборудования зависит от горно-геологических и горнотехнических условий производства работ. Удлиненные заряды могут размещаться в один, два или три ряда. Наибольшее распространение получили схемы с использованием одного или двух рядов удлиненных зарядов, располагаемых на одинаковой глубине.

Масса траншейных зарядов (кг):

$$Q = 2KW^3(0,4 + 0,6n^3)/(n + 1), \quad (4.26)$$

где Q — масса заряда, приходящаяся на 1 м траншеи, кг.

Табличные значения расчетного удельного расхода ВВ (К) см. табл. (1.3) следует умножать на величину поправочного коэффициента, принимаемого по табл. (4.7) в зависимости от крепости пород и величины показателя действия взрыва.

Значения ЛНС показателя действия взрыва принимают в зависимости от имеющегося оборудования для проходки, геометрических параметров выемок, сроков выполнения работ.

Видимую глубину воронок и параметры развала пород после взрыва траншейных зарядов следует определять по формулам (4.20 — 4.25).

Таблица 4.7.

Значения поправочного коэффициента к расчетному удельному расходу ВВ для траншейных зарядов выброса

Породы	Показатель действия взрыва n							
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Нескальные и полускальные (I–V группы по СНиПу)	1	1,05	1,12	1,135	1,17	1,16	1,155	
Скальные (VI–XI группы по СНиПу)	1,12	1,16	1,19	1,195	1,2	1,195	1,195	
Нескальные и полускальные (I–V группы по СНиПу)	1,15	1,145	1,14	1,14	1,14	1,135	1,135	1,13
Скальные (VI–XI группы по СНиПу)	1,19	1,185	1,185	1,18	1,18	1,18	1,175	1,175

Расстояние между рядами траншейных зарядов при значениях $n < 3,5$ вычисляют по формуле (4.18). Для значений $n > 3,5$ расстояние между рядами (м):

$$a = W(n + 1)/(0,4n + 0,6). \quad (4.27)$$

Инициирование траншейных зарядов следует производить с помощью промежуточных детонаторов, располагаемых не менее чем через 500 м вдоль выемки, сооружаемой за один взрыв. Вдоль всего траншейного заряда прокладывается магистраль из детонирующего шнура, иницируемую электродетонаторами. К этой магистрали присоединяются концы шнура от промежуточных детонаторов.

Массу штольневых зарядов выброса определяют по формуле (4.42). Значения расчетного удельного расхода ВВ принимаются такими же, как и для сосредоточенных зарядов выброса, а величину ЛНС и показателя действия взрыва выбирают в зависимости от горнотехнических условий производства работ. Расстояние между рядами штольневых зарядов следует вычислять по формуле (4.18), в видимую глубину воронки и параметры развала — по формулам (4,20; 4,24; 4,25). Способ инициирования штольневых зарядов такой же, как и траншейных зарядов выброса.

4.4. Взрывание на сброс

Взрывы на сброс применяются при неровном характере местности, когда уклон поверхности сбрасываемого массива составляет более 20° к горизонту. Взрывы на сброс эффективно используются:

- при вскрытии месторождений полезных ископаемых и удалении пород с крыши за пределы рабочих площадок или проектного контура карьера;
- для сооружения дорожных полук или завалов строительных площадок;
- для строительства плотин, насыпей, дамб и других профильных насыпных сооружений из местных материалов.

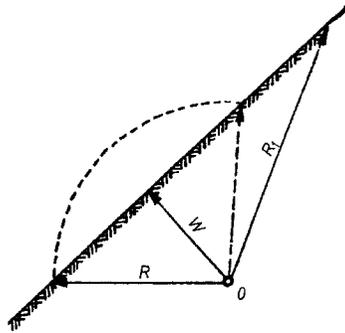


Рис. 4.6. Схема однорядного расположения зарядов сброса

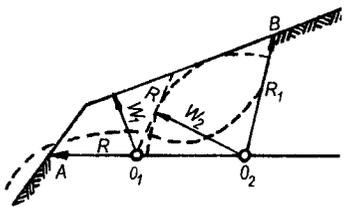


Рис. 4.7. Схема двухрядного расположения зарядов сброса

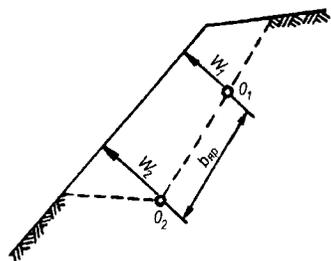


Рис. 4.8. Схема двухъярусного расположения зарядов сброса

В зависимости от условий производства работ и требований технического задания в отношении параметров возводимых сооружений или выемок, а также допустимой дальности и направленности сброса расположение зарядов может быть однорядным (рис. 4.6), двухрядным (рис. 4.7) и двухъярусным (рис. 4.8). В отдельных случаях допускается многорядное и многоярусное расположение зарядов.

Места заложения зарядов определяют графически таким образом, чтобы образующая выемка (с учетом действия заряда в глубь массива) вписывалась в проектный контур. Наибольшее распространение получили схемы с одно- и двухрядным расположением зарядов в горизонтальной плоскости. Длину ЛНС и показатель действия взрыва в этом случае выбирают по зависимости:

$$W_0 / W_n = \sqrt{1 + n_n} - 1, \quad (4.28)$$

где W_B и W_H — длина наименьшего сопротивления зарядов соответственно верхнего и нижнего ярусов, м;

n_n — показатель действия взрыва заряда нижнего яруса.

При использовании сосредоточенных зарядов сброса их массу рассчитывают по формулам (4.15) и (4.16), а удлиненных (штольневых или траншейных) — по формуле (4.26). Расстояние между зарядами в ряду и между ярусами определяют по формулам (4.18) и (4.19).

Расчетный удельный расход принимают по табл. 1.3. Длину ЛНС и показатель действия взрыва для зарядов первого ряда выбирают исходя из требуемого объема сброса, конфигурации взрываемого массива и параметров развала сброшенной породы.

Для расчета возможной длины и высоты развала следует использовать формулы (4.20) и (4.24).

При двухъярусном расположении зарядов расстояние между ярусами принимают в зависимости от устойчивости и крепости пород по формуле:

$$b_{яp} = (1,3 + 1,6)W_n, \quad (4.29)$$

где $b_{яp}$ — расстояние между ярусами по взрываемому склону, м;

W_H — длина ЛНС зарядов нижнего яруса, м.

Заряды верхнего яруса рассчитывают на рыхление.

В зависимости от длины ЛНС и показателя действия взрыва радиус образующей воронки взрыва (м).

$$R = W\sqrt{1 + n^2}. \quad (4.30)$$

Развал сброшенной породы имеет максимальную ширину на расстоянии, равном половине длины развала, считая от центра зарядов.

Ширина развала (м):

$$B_p = 0,7L. \quad (4.31)$$

Изменение объема сбрасываемой породы при увеличении значений показателя действия взрыва

n	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,5
Относительное возрастание объема сбрасываемой породы, %	8	12	15	18	20	23	25	28	30

Базовые нормативы при взрывах на сброс приведены для однорядного и одноярусного расположения зарядов без учета объема пород, образующихся после взрыва из нагорной части сбрасываемых массивов (табл. 4.8)

Таблица 4.8.

Базовый расход ВВ, кг/1000 м³ грунта

л.п.с., м	Показатель действия взрыва л				
	1	1,15	1,25	1,35	1,5
1	2	3	4	5	6
Грунты I-III групп по СНиПу					
5-25	3500	2600	2300	2200	1900
30	3700	2800	2400	2300	2000
35	3900	3000	2600	2400	2200
40	4100	3200	2700	2600	2300
45	4400	3400	2900	2800	2500
50	4800	3600	3100	3000	2600
55	5100	3900	3400	3200	2800
60	5500	4200	3600	3500	2900
65	5900	4500	3900	3700	3300
70	6400	4900	4200	4000	3500
75	6900	5300	4600	4400	3800
80	7500	5700	5000	4700	4100
85	8000	6100	5300	5000	4400
90	8900	6700	5800	5500	4900
100	10400	7900	6900	6500	5700
Грунты IV-VI групп по СНиПу					
5-25	3800	3000	2500	2400	2200
30	4000	3200	2700	2600	2400
35	4200	3300	2900	2700	2500
40	4500	3500	3000	2900	2600
45	4800	3800	3300	3100	2800
50	5200	4100	3500	3300	3000
55	5500	4400	3800	3600	3300
60	5900	4700	4000	3900	3500
65	6400	5100	4400	4200	3800
70	6900	5500	4700	4500	4100
75	7500	6000	5200	4900	4400
80	8100	6400	5600	5300	4800
85	8700	6800	6000	5600	5100
90	9600	7600	6600	6200	5600
100	11300	8900	7700	7300	6600
Грунты VII-VIII групп по СНиПу					
5-25	5000	3900	3500	3200	2900
30	5300	4200	3700	3400	3000
35	5600	4400	3900	3600	3200
40	6200	4700	4100	3900	3400
45	6400	5000	4400	4200	3700
50	6900	5400	4700	4400	3900
55	7400	5800	5100	4800	4200

Окончание таблицы 4.8.

1	2	3	4	5	6
60	7900	6200	5500	5100	4500
65	8500	6700	5900	5500	4900
70	9200	7200	6400	6000	5300
75	10100	7900	6900	6500	5800
80	10800	8500	7500	7000	6200
85	11500	9100	8000	7500	6600
90	12800	10000	8800	8300	7300
100	15000	11800	10400	9700	8600
Грунты IX-XI групп по СНиПу					
5-25	5500	4300	3800	3500	3200
30	5800	4600	4100	3700	3300
35	6200	4800	4300	4000	3500
40	6800	5200	4500	4300	370
45	7000	5500	4800	4600	4100
50	7600	5900	5200	4800	4300
55	8100	6400	5600	5300	4600
60	8700	6800	6000	5600	5000
65	9300	7400	6500	6000	5400
70	10100	7900	7000	6600	5800
75	11100	8700	7600	7100	6400
80	11900	9300	8200	7700	6800
85	12600	10000	8800	8200	7300
90	14100	11000	9700	9100	8000
100	16500	11300	11400	10700	9500

4.5. Обрушение неустойчивых массивов

Под неустойчивыми понимаются нависающие скальные массивы в бортах крутых склонов, подсеченные трещинами бортового отпора, тектоническими или трещинами напластования, при определенных условиях способные к самообрушению. К неустойчивым массивам относят также камни, нависающие над ущельем.

Принудительное обрушение неустойчивых массивов целесообразно производить в начальный период строительства ГЭС и при прокладке шоссейных или железных дорог вдоль крутого откоса или по самому откосу.

Обрушение неустойчивых массивов производится путем подрезки его сверху вниз щелью образованной контурным взрыванием и путем подбоя понизу. Если массив имеет большую мощность и сложен крупноблочными породами, кроме подрезки и подбоя производится также дробление его обрушаемой части зарядами в скважинах, пробуренных сверху или (при боль-

шой мощности массива) из буровых подземных выработок.

При подготовке взрыва необходимо установить: размеры обрушаемого массива (высота, ширина, мощность); наличие удобных подходов к верху и к основанию массива; блочность массива и категорию крепости пород; расположение трещин, отсекающих неустойчивый массив от основного.

Для выполнения буровых работ на верх массива в зависимости от рельефа местности бурильщики проходят по специально пройденной по косоугру тропе. В массиве разрабатывается полка достаточной ширины для установки буровых станков. К основанию массива, с двух сторон которого обычно бурят скважины подбоя, в зависимости от степени опасности передвижения по склону делают либо тропы, либо полувыемки. При взрывании особо крупных массивов подход к основанию, а иногда и к средней части массива осуществляется штольной. Если обрушается нависающая часть массива, обычно достаточно пробурить и взорвать на рыхление один ряд горизонтальных или слабонаклонных скважин.

Если массив представляет собой небольшой по высоте блок, отсеченный от основного массива трещиной, обычно достаточно одного ряда контурных скважин с усиленным зарядом в нижней части (рис. 4.9. а). При взрывании мощных и крупноблочных массивов,

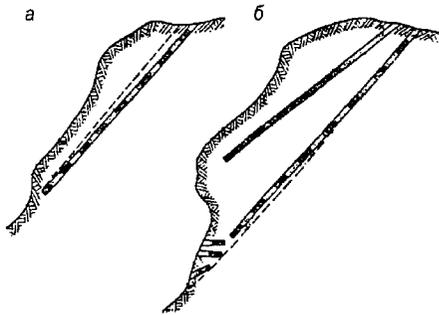


Рис. 4.9. Расположение скважин для обрушения неустойчивых массивов малой (а) и большой (б) мощности.

помимо контурных скважин с верхней площадки, в массиве бурят веера скважин рыхления (рис. 4.9. б).

При большой высоте и мощности массива с удобных подходов в стороне от массива располагают одну или две (на разных горизонтах) штольни, из них проходят буровые выработки, а из них по границе массива бурят контурные скважины, а в массиве — скважины рыхления. Иногда для улучшения подработки нижней части обрушаемого уступа бурят дополнительно несколько шпуров.

Обычно, в первую очередь, взрывают заряды подбоя, через 10–15 мс — заряды контурных скважин и в последнюю очередь, также через 10–15 мс, — заряды рыхления в массиве.

Бурильщики и взрывники должны работать в местах возможных камнепадов — под навесными полками, они должны быть обучены приемам скалолазания, работы со страховочными веревками.

4.6. Сооружение выемок на косогорах

На выбор метода ведения буровзрывных работ при сооружении выемок на косогорах большое влияние оказывает характер рельефа косогора, его геологические особенности и возможность доступа для подвоза необходимого оборудования. Косогоры по крутизне склона подразделяют на три участка: 30–35°; 35–65° и более 65°. По геологическим условиям различают косогоры с малым (до 1 м), большим (свыше 1 м) слоем делювия (элювия) и с открытым выходом коренных скальных пород.

Сооружение выемок в скальных породах на участках косогора с крутизной склона до 30° целесообразно производить с применением взрывов на рыхление. При крутизне склона до 65° используют взрывы на выброс.

В соответствии с этим и производится выбор метода ведения взрывных работ, расчет зарядов и их расположение. При сооружении выемок используют обычно шпуровые, скважинные и камерные заряды. И только в отдельных случаях, например при образовании тропы в коренных скальных породах, применяют накладные заряды.

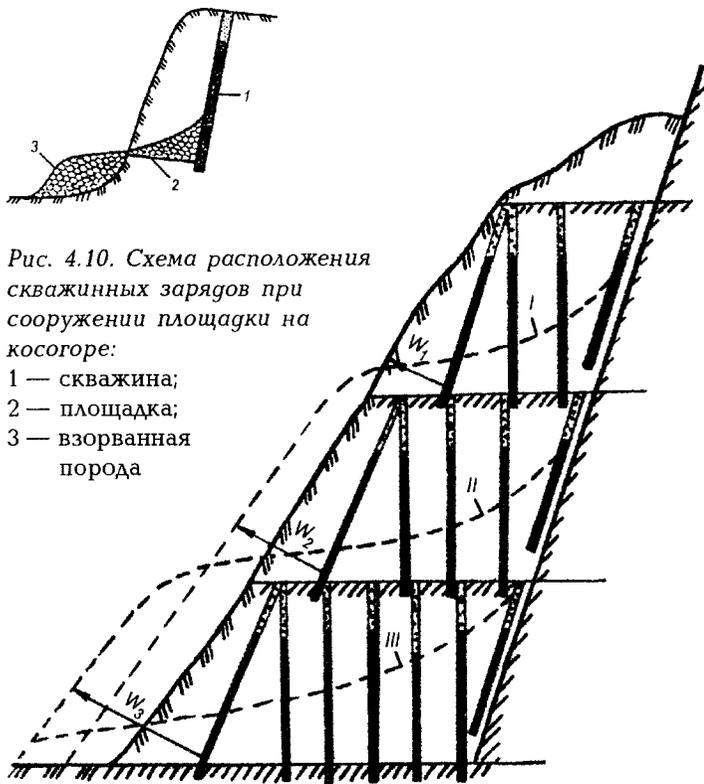


Рис. 4.10. Схема расположения скважинных зарядов при сооружении площадки на косогоре:

- 1 — скважина;
- 2 — площадка;
- 3 — взорванная порода

Рис. 4.11. Схема поуступной разработки выемки с применением скважинных зарядов:
I, II, III — контуры развалов породы при взрыве соответственно верхнего, среднего и нижнего уступов

В качестве примера на рис. 4.10 показано расположение скважинных зарядов при взрыве на выброс, а на рис. 4.11 представлена схема поуступной разработки выемки с применением скважинных зарядов.

Высота откоса при образовании полувыемок взрывом на обрушение ограничивается обычно 40 м и должна превышать ширину площадки не менее чем в 2 раза. При этом откосные скважины закладываются в плоскости откоса полувыемки через 3–4 м в зависи-

мости от текстурных особенностей разрушаемого массива. Высота уступов принимается равной 7 м. При расчете линий наименьшего сопротивления (W_1, W_2, W_3) учитываются параметры развала. Зная глубину скважины и длину забойки, можно определить массу заряда ВВ в скважине. Расстояние между скважинами определяется из расчета удельного расхода ВВ на сброс — 1,5–2,5 кг/м³. Взрывание зарядов производится порядно короткозамедленным способом, с интервалом замедления 10, 15, 20, 35 мс.

Необходимо отметить, что взрывные работы на косогорах следует выполнять, соблюдая особую осторожность. Рабочие должны пользоваться альпинистскими методами перемещения и страховки.

4.7. Рыхление мерзлых грунтов

Для рыхления мерзлых грунтов в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий применяют шпуровые и скважинные заряды. При мощности слоя мерзлоты до 1,5 м заряды размещают в шпурах, при большей мощности — в скважинах.

Рациональный диаметр заряда (мм):

$$d = 50W \sqrt{K_m / \Delta}, \quad (4.32)$$

где W — мощность взрываемого слоя мерзлоты, м;

Δ — плотность заряжания, кг/дм³;

K_m — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³.

Значения K_m при взрывании мерзлых грунтов

Мерзлая глина и строительный мусор	0,7–0,9
Моренный суглинок с глиной	0,6–0,7
Песчаные и растительные грунты	0,4–0,6

В зависимости от температуры грунтов, их категории льдистости и показателя простреливаемости значения K_m следует принимать по классификации Междуведомственной комиссии по взрывному делу (табл. 4.9).

Расстояние между зарядами в ряду равно $(0,85 \div 1,3)W$, а между рядами $(0,85 \div 1)W$.

Длина заряда должна составлять 2/3 глубины шпура или скважины. Шпуры и скважины недобурируют до талого грунта на 2–3 диаметра заряда, если мощность слоя мерзлоты больше 1 м; при меньшей глубине промерзания шпуры бурят до талого грунта.

Инициирование зарядов производится с помощью детонирующего шнура или электродетонаторов (капсулей-детонаторов).

Таблица 4.9.

Классификация мерзлых песчано-глинистых пород по взрываемости

Категория взрываемости, наименование и вид пород	Температура, °С	Категория льдистости	Показатель про- стреливаемости, дм ² /кг	
			Рекомендуемый удельный расход ВВ при взрывании на рыкание, кг/м ³	
Легковзрываемые Сезонно-мерзлые (СМП) и многолетнемерзлые (ММП) растительного слоя, песчаные и супесчаные со степенью водонасыщения до 0,5 и выше 0,9 полной влагоемкости	0 и ниже	Сильно льдистые (содержание льда свыше 50%)	14–35	0,4–0,6
Средневзрываемые СМП и ММП растительного слоя, песчаные и супесчаные со степенью водонасыщения от 0,5 до 0,8 полной влагоемкости СМП и ММП моренные, обломочные, гравийные с песчаным и супесчаным заполнителем СМП и ММП глинистые и суглинистые, а также моренные, обломочные и гравийные с глинистым заполнителем	То же >>	Льдистые (содержание льда 25–50%) То же	14–35 11–32	0,6–0,8 0,6–0,8
Трудновзрываемые СМП и ММП глинистые и суглинистые, моренные, обломочные, гравийные с глинистым заполнителем	–5 и ниже 0–5	>> Слабо льдистые (содержание льда до 25%)	23–55 35–70	0,6–0,8 0,8–1,1

Таблица 4.10.

Базовые объем бурения шпуров и расход ВВ и на 1000 м³ мерзлых грунтов при взрывании шпуровых зарядов

Глубина промерзания, м	Группа грунтов по СНиПу		
	IV	V	VI
Объем бурения шпуров, м ³			
0,5	3846,1	4166,7	5000
1	1234,6	1315,8	1388,9
1,5	1000	1120	1272,7
Расход ВВ в шпурах, кг			
0,5	1538,5	1750	2200
1	839,5	907,9	972,2
1,5	785,7	840	909,1

Таблица 4.11.

Базовые объемы бурения скважин и расход ВВ и на 1000 м³ мерзлых грунтов при взрывании скважинных зарядов

Глубина промерзания, м	Группа грунтов по СНиПу		
	IV	V	VI
Объем бурения скважин, м ³			
1	1000	1111,1	1176,5
1,5	518,5	583,3	598,3
2	310,3	339,6	360
2,5	190,1	209,1	219
Расход ВВ в скважинах, кг			
1	780	844,4	870,6
1,5	740,7	770,8	824,8
2	689,6	716,9	790
2,5	636,4	672,7	752,4

4.В. Образование водоемов, проходка траншей, каналов

Основными преимуществами образования выемок взрывами на выброс является сокращение сроков строительства и возможность проведения работ при отсутствии или недостаточном количестве землеройных механизмов и электроэнергии.

При строительстве водоемов методом взрывов на выброс заряды могут размещаться в траншеях (котлах), образуемых путем взрыва прострелочных зарядов, в скважинах, шурфах и камерах. При образовании кот-

лов прострелочные заряды помещают в скважины диаметром 100–200 мм, расчет прострелочных зарядов производится согласно 2.3 (см. стр. 140).

Величина линии наименьшего сопротивления определяется в зависимости от требуемой глубины водоема и принятого показателя действия взрыва, см. 4.3 (стр. 174).

Расстояния между зарядами в ряду a и между рядами b принимаются равными и вычисляются по формуле (4.18). Вес (масса) зарядов определяется по формуле (4.15).

Число зарядов в ряду вычисляется по формуле:

$$N = \frac{L_{вод}}{a} + 1, \quad (4.33)$$

где $L_{вод}$ — длина дна водоема, м
 a — расстояние между зарядами, м.

Для образования траншей, каналов и других выемок применяются взрывание на выброс методом камерных, котловых или удлиненных зарядов и рыхление грунта в пределах заданного профиля шпуровыми или скважинными зарядами.

Для размещения зарядов выброса проходят вертикальные (шпуры, скважины, шурфы) или горизонтальные (штольни, траншеи) подготовительные выработки.

Для заряжания траншей, которые могут проводиться драглайном, обратной лопатой, многочерпаковыми экскаваторами и другими механизмами, следует использовать малочувствительные порошкообразные или гранулированные ВВ. Заряжание ВВ может производиться как в мешках, так и россыпью. Заблочный материал сталкивают в траншею бульдозером. Заряжание и забойку следует вести по мере продвижения экскаватора, которым проводится траншея, с отставанием от него на минимально допустимое по правилам безопасности расстояние.

При взрывании на выброс удлиненных зарядов в траншеях или штольнях максимальный разлет кусков породы следует определять по формуле:

$$R_{max} = 100W_n, \quad (4.34)$$

где W — линия наименьшего сопротивления, м;
 n — показатель действия взрыва.

При использовании шпуровых или скважинных зарядов рыхления параметры их расположения, а также число рядов определяются в зависимости от заданных размеров выемки и условий разработки.

В случае применения шпуровых зарядов разработку выемок обычно ведут в несколько ярусов. При использовании скважинных зарядов разработка может производиться как с разделением на ярусы, так и на полное сечение. На полное сечение проводят траншеи глубиной до 15 м при крутизне откосов не менее 1:1.

Крайние ряды скважин следует располагать по линиям нижних бровок строящихся траншей и других выемок.

При проходке с пологими откосами для профилирования бортов используют дополнительные шпуры или скважины уменьшенной глубины, закладываемые по откосам выемки.

Образование траншей и каналов взрывом удлиненных зарядов

В последние годы в гидромелиоративном строительстве для образования взрывом каналов в мягких грунтах глубиной до 10 м и более все шире применяется взрывание удлиненных зарядов, располагаемых параллельно земной поверхности. Для этого по оси канала землеройными машинами отрывается траншея расчетной глубины и ширины, в которую закладывается удлиненный заряд.

Глубина заложения зарядов W принимается исходя из имеющейся для отрывки траншей техники, но не больше проектной глубины канала H .

Величину удлиненного заряда (кг) рекомендуется рассчитывать по формуле Г.И. Покровского:

$$Q = qW^2 \frac{1}{n} \left(\frac{n^2 + 1}{2} \right)^2, \quad (4.35)$$

где q — расчетный удельный расход ВВ (кг/м³), принимаемый по табл. 1.3.

Показатель действия взрыва рекомендуется определять по формулам:

- для одиночного заряда

$$n = \frac{1,3\sqrt{S_k}}{W} \geq \frac{2H}{W}; \quad (4.36)$$

- для двух взаимодействующих зарядов

$$n = \frac{2\sqrt{8,1H^2 + S_k} - 7,1H}{W} \geq \frac{2H}{W}, \quad (4.37)$$

где S — проектное сечение канала, м.

Расстояние между зарядами (м):

$$a = 2,3nW - 4,25H. \quad (4.38)$$

Видимая глубина воронки (м):

$$H_g = 0,5nW. \quad (4.39)$$

Используются простейшие ВВ (игданит, гранулиты) или списанные с вооружения боеприпасы. После заряжания траншея засыпается с помощью бульдозеров или других машин.

При сооружении каналов небольшой глубины (1 — 2 м) заряд помещается в толстенный полиэтиленовый шланг и специальным лемехом, установленным на тракторе, заглубляется в землю.

Создаются специальные высокопроизводительные средства для полной механизации работ по отрывке траншей, заряжанию и забойке зарядов.

Образование каналов в оплывающих грунтах

При ведении работ в грунтах, которые в результате взрыва переходят в плавучее состояние (так называемые оплывающие грунты), применяется взрывание на выброс по особой технологии. Наличие оплывающих грунтов устанавливается опытными взрывами в период изыскательских работ.

Разработка оплывающих грунтов массовым взрывом на выброс осуществляется в два этапа.

Вначале в массиве грунта взрывают заряды рыхления. Это обеспечивает нарушение естествен-

ной структуры оплывающего грунта и его разжижение.

После стабилизации разжиженного грунта и его обезвоживания (обычно через 10 — 15 дней после предварительного взрыва) осуществляется основной взрыв на выброс, как в обычных грунтах (см. гл. 2).

Оптимальные параметры взрывов в оплывающих грунтах устанавливаются на основании опытных взрывов.

Скважины (шпуры), а также шурфы, пройденные в оплывающих грунтах, разрешается, по согласованию с органами Госгортехнадзора, заряжать сразу же после проходки водоустойчивыми типами ВВ или ВВ во влагонепроницаемых оболочках, а взрывание должно производиться детонирующим шнуром.

4.9. Возведение плотин, дамб и перемычек взрывным способом

Плотины, дамбы, перемычки можно возводить при помощи энергии взрыва, используемой для перемещения породы в заданном направлении и в заданные проектные контуры сооружения.

Для обеспечения требуемого объема возводимой плотины или перемычки, высоты гребня и других параметров сооружения заряды ВВ могут располагаться на одном или обоих берегах перекрываемых водотоков.

В зависимости от поставленных задач может применяться одно-, двух- и многорядное, а также одно- и многорядное расположение зарядов.

При расположении зарядов на одном берегу его высота должна быть равна ширине водотока или должна превышать его.

При расположении зарядов на обоих берегах их суммарная высота должна не менее чем в 1,5 раза превышать ширину перекрываемого водотока.

Для перекрытия водотоков может быть использован предварительно складированный на берегу привозной грунт, который силой взрыва перемещается в проектный контур сооружения.

Угол откоса взрывааемых берегов должен составлять не менее чем 35 — 40°. Наиболее эффективно стро-

ительство плотин и перемычек взрывным способом в ущельях с крутыми водонепроницаемыми склонами и основанием. Взрываеемые породы должны обладать достаточной устойчивостью в отношении размыва и растворения водой.

При строительстве не фильтрующих плотин заряды располагают выше отметки проектного гребня плотины. В случае возведения фильтрующих плотин заряды можно располагать ниже отметки проектного гребня плотины.

Перекрытие следует производить в излучинах водотоков. Излучина может быть образована искусственно путем применения расположенных по вогнутой дуге вспомогательных зарядов, взрывааемых в первую очередь.

Двух- и многорядное расположение зарядов применяется:

- для искусственного создания крутого откоса перед вторым и последующими рядами зарядов;
- для образования в результате взрыва зарядов первого ряда защитного буфера из разрушенных пород, обеспечивающего уменьшение разлета кусков породы;
- для улучшения качества дробления перемещаемой породы и возможного уменьшения расхода ВВ (при значениях W более 50 м).

При возведении взрывным способом плотин и перемычек в непосредственной близости от зданий и сооружений следует применять двух- и многорядное расположение зарядов.

Показатель действия взрыва зарядов второго и последующих рядов увеличивается по сравнению с l первого ряда и должен выбираться с учетом обеспечения необходимой дальности броска породы и объема возводимого сооружения.

Для строительства плотин и перемычек обычно применяют камерные заряды ВВ. Эффективность использования камерных зарядов возрастает с увеличением объема возводимых сооружений.

Глубина заложения камерных зарядов выбирается в зависимости от требуемого объема плотины или перемычки, необходимой дальности броска породы, значения показателя действия взрыва и расположения зарядов по отношению к проектному гребню плотины.

В зависимости от высоты H откоса (уступа) над зарядом величину W/H следует принимать в пределах:

$$\frac{W}{H} = 0,6 + 1.$$

Расчет камерных зарядов сброса или рыхления приведен в гл. 2.

Выбранная схема замедления должна обеспечивать наибольшую концентрацию навала в направлении ЛНС заряда, взрывааемого в первую очередь.

Скважинные заряды используют в отдельных случаях при перекрытии относительно нешироких водотоков, когда условия береговых створов позволяют разместить буровые станки.

Расчет скважинных зарядов приведен в гл. 2 и 4. В случае многорядного расположения глубина скважин по рядам должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы угол отрабатываемого откоса (с целью устранения зависаний породы) был не менее 45° . Схема взрывания должна обеспечивать образование наибольшего навала в направлении гребня перемычки или плотины. При расположении скважин в излучине следует применять порядную схему взрывания, а при прямом русле водотока — трапецевидную.

При проведении крупных массовых взрывов на сброс (при весе заряда более 100 т) для строительства плотин и перемычек вблизи зданий и сооружений специалистами должен производиться баллистический расчет траектории выброшенной горной массы, расчет сейсмического воздействия, а также выбор схемы и оптимальных интервалов замедления.

Объем обрушаемой горной массы при взрывах на сброс вычисляется с учетом действия зарядов в подгорную и нагорную сторону (см. гл. 2).

Для осушения русла реки перед взрывом основных зарядов при необходимости выше по течению может производиться взрыв вспомогательных зарядов для кратковременного перекрытия водотока.

4.10. Взрывание перемычек

Перемычки сооружаются при гидротехническом строительстве с целью изоляции котлована от водоема или реки. Они могут быть скальными в виде участков естественного массива и насыпными грунтовыми или грунтовыми с камненабросной пригрузкой. После завершения строительных работ в котловане перемычки взрывают.

При этом применяют взрывы: на рыхление с последующей выемкой грунта экскаваторами; на выброс — для образования первоначальной прорези, расширение которой производится водным потоком; на выброс и рыхление — для образования первоначальной прорези и облегчения размыва остальной части перемычки; на полный выброс небольших по протяженности перемычек.

Перемычки взрывают в относительно стесненных условиях, когда требуется ограничивать дальность разлета породы, учитывать действие воздушной и сейсмических волн.

Для бурения скважин в скальных перемычках применяют легкие шарошечные станки ударных способов бурения. В перемычках грунтовых эффективно применение шнековых станков; в каменно-набросных перемычках бурение скважин наиболее сложно, и оно осуществляется с обсадкой скважин металлическими трубами.

Выбор бурового оборудования может быть произведен на основе изучения исполнительных чертежей на строительство перемычек, по которым устанавливаются: материал, из которого состоит перемычка, конфигурация и размеры перемычки (продольный и поперечные профили); ситуационный план местности с нанесенными объектами, подлежащими защите от воздействия воздушной и сейсмических волн и разлета кусков.

При взрывании на рыхление (рис 4.12) применяют, как правило, вертикальные скважины. Если они не обеспечивают проработку СПП, то их применяют в сочетании с наклонными скважинами. При взрывании глубина рыхления принимается на 0,5–1 м ниже проектного дна, при этом учитывается трудность выемки горной массы из-под воды. Для скважин, пробуренных

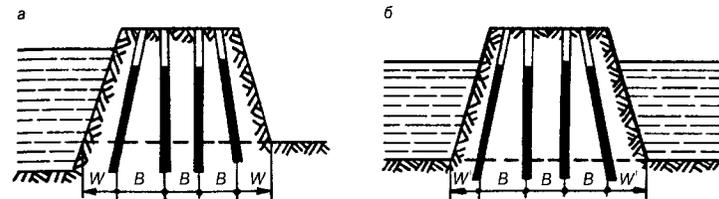


Рис. 4.12. Схемы разрушения скальных перемычек:

а — при одностороннем подпоре воды;

б — при двустороннем подпоре воды

у откоса перемычки, подпертого водой, сетка скважин уменьшается до 0,5–0,7 расчетной. Взрывание — короткозамедленное, порядное или по волновой схеме, с помощью детонирующего шнура и КЗДШ.

При взрывании на выброс осевой прорези в перемычках, если глубина прорези не превышает 4 м, следует применять вертикальные скважинные заряды выброса, расположенные в один ряд по оси прорези. Если ее глубина больше 4 м, применяют сосредоточенные заряды выброса, размещаемые в скважинах увеличенного диаметра. Минимально необходимый диаметр скважин рассчитывают по формуле:

$$d = \frac{W}{20} \sqrt{1+n^2}. \quad (4.41)$$

Длина забойки должна быть не меньше 0,5 W. В остальном параметры взрывных работ рассчитываются в соответствии с рекомендациями, изложенными в гл. 2.

При взрывании всей перемычки заряды располагают вдоль ее оси в зависимости от ширины перемычки в один, два или три ряда. При однорядном и двухрядном взрывании принимают показатель взрыва $n = 2 \div 3$, при трехрядном $n = 2,5 \div 3$ в осевом ряду, $n = 2 \div 2,5$ в боковых рядах.

Для объектов площадки, попадающих в опасную зону по воздушной волне и разлету кусков, предусматриваются специальные меры защиты. Так, для защиты от действия воздушной волны выставляют оконные рамы или укрывают их щитами. Для защиты от разлета кусков породы наиболее ответственные части объектов (механизмы, трансформаторы, колонны и т.п.) закрывают бревенчатыми щитами.

Глава 5

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ

5.1. Обрушение зданий и сооружений

Общие положения

Здания и сооружения обрушают на их основание или в заданном направлении (направленное обрушение). В зависимости от окружающей обстановки здания и сооружения обрушают либо мгновенным взрыванием зарядов, либо мгновенным в сочетании с короткозамедленным или замедленным взрыванием за один прием или в несколько приемов (частями).

При обрушении здания или сооружения на свое основание обычно высота развала не превышает одной трети, а ширина развала — половины высоты стен.

При обрушении зданий и сооружений за один прием с применением электродетонаторов замедленного действия последовательность взрывания выбирается такой, чтобы взрывом зарядов одного участка не были повреждены укрытия и взрывная сеть других участков.

Здания или сооружения со сплошными капитальными стенами, делящими их внутри на секции, можно обрушать по частям. При обрушении здания в несколько приемов необходимо избрать такую последовательность взрывания, при которой обрушенные материалы не могли бы помешать подготовке дальнейших взрывных работ. Примерная последовательность взрывания показана на рис. 5.1.

Если обрушаемое здание или сооружение связано с каким-либо другим строением, которое не должно об-

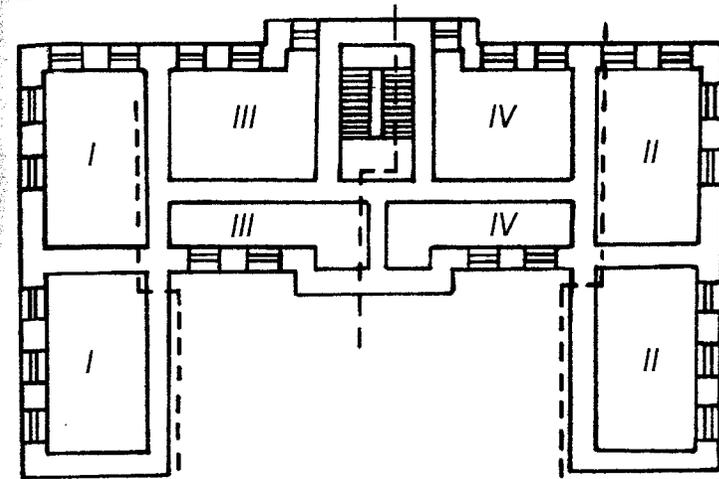


Рис. 5.1. Схема обрушения здания по частям:
I, II, III, IV — очередность взрывания;
--- граница отрыва стен.

рушаться, то предварительно между ними на расстоянии не менее 1 м от охраняемого строения образуют щель при помощи одного ряда зарядов или вручную.

В том случае, когда обрушаемый объект только примыкает к другому строению, щель может не пробиваться.

До начала буровых работ следует выявить имеющиеся в стенах и колоннах пустоты и металлические конструкции (связи). При расчете и размещении зарядов на объекте они должны быть учтены, так как металлические связи обычно препятствуют разрушению конструкции взрывом, а пустоты могут изменить величину и направление ЛНС зарядов.

Если в процессе бурения будут обнаружены дымоходы и другие пустоты, то зарядание в этом месте запрещается.

При работах в населенных местах необходимо применять меры защиты от разлета осколков.

Все оконные и дверные проемы подбиваемого этажа должны быть изнутри наглухо забиты деревянными щитами толщиной не менее 20 мм, закрыты проволочными сетками (диаметр проволоки не менее 2 мм) или заложены мешками с песком и т.п.

С наружной стороны обрушаемых зданий и сооружений для перехвата осколков и снижения интенсивности воздушной ударной волны устанавливаются деревянные щиты толщиной не менее 50 мм, которые должны перекрывать подбиваемый участок стены.

Нижняя часть щитов должна отстоять от стены не меньше чем на 0,5 м, а верхняя часть — касаться стены. Верхней частью щиты должны перекрывать ожидаемую границу подбоя стены (колонны) не менее чем на 0,5 м.

Отдельные щиты скрепляют по верху и по низу проволокой диаметром 2–3 мм или сбивают досками. В результате они образуют одно целое защитное укрытие.

Кроме деревянных щитов могут быть использованы защитные устройства из проволочных сеток, закрепленных на деревянных стойках, защитные стенки из мешков с песком и защитные деревянные заборы, располагаемые вдоль обрушаемой стены с зазором 0,3–0,5 м, заполняемым песком (рис. 5.2).

Окна нижних этажей охраняемых строений, расположенных на границе зоны возможного развала, со стороны обрушаемых зданий должны быть закрыты прочными щитами. Стены этих строений ограждаются забором или бетонными блоками, устанавливаемыми на расстоянии 2–3 м от защищаемого строения.

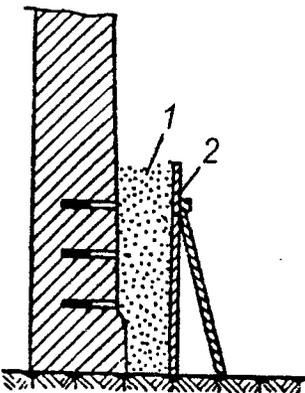


Рис. 5.2. Защитное устройство, предотвращающее разлет обломков материала:

- 1 — песок;
- 2 — деревянный забор.

Окна домов, находящихся в пределах зоны предполагаемого разлета осколков и действия воздушной ударной волны со стороны обрушаемого здания, следует на время взрыва открывать, а витринные окна зданий — закрывать щитами или мешками с песком. В отдельных случаях целесообразно расстеклить окна на время взрыва.

При взрывании около объектов, для которых сотрясение от падения стен обрушаемого здания может

быть опасным, валку сооружения необходимо производить на подушку из песка или бревен, сложенных клеткой в несколько рядов.

Взрывание зданий и сооружений производится строго в установленное время, согласованное с заинтересованными организациями и местными органами власти. О времени взрыва жители ближайших домов должны оповещаться заблаговременно.

Обрушение зданий и сооружений, расположенных в населенных местах, производится шпуровыми зарядами; в исключительных случаях по согласованию с Госгортехнадзором допускается применение скважинных и наружных зарядов.

Для ускорения процесса заряжания необходимо заблаговременно подготовить патроны с ВВ требуемого веса и диаметра согласно проектной документации.

Забоечный материал для удобства заряжания также патронирруется.

Изготовление боевиков, а также патронирование могут производиться в обособленном помещении подлежащем обрушению здания. Доставка ВМ в обособленное помещение обрушаемого здания разрешается только после окончания буровых работ и подготовки здания к обрушению.

При обрушении зданий и сооружений огневое взрывание запрещается, заряды должны взрываться детонирующим шнуром или электродетонаторами.

При взрывании зарядов электродетонаторами вся электропроводка в здании к моменту начала заряжания должна быть обесточена. Взрывная сеть дублируется.

Допуск людей к разрушенному взрывом объекту производится только с разрешения руководителя взрывных работ после осмотра места взрыва.

При разборке обрушенного взрывом здания обязательно присутствие дежурного взрывника. Это требование не распространяется на бескапсюльное взрывание с применением ВВ II группы.

Если вблизи обрушаемого взрывом объекта проходит воздушная линия электропередачи, которой угрожает разрушение, она к моменту взрыва должна быть убрана или обесточена.

Обрушение зданий и сооружений на свое основание

Принцип обрушения зданий или сооружений на их основание заключается в образовании взрывным способом сквозного подбоя по всему периметру наружных стен и других несущих элементов (колонн, внутренних капитальных стен и т.п.), в результате чего объект, лишенный опоры, падая на свое основание, разрушается.

Высота сквозного подбоя должна быть не менее половины толщины стены, что достигается взрыванием двух, в отдельных случаях трех рядов зарядов, располагаемых в шахматном порядке. Шпуры для размещения заряда бурят на глубину не более 2/3 толщины стены.

В колоннах и простенках, где по ширине необходимо поместить только несколько зарядов, шпуры бурят по прямоугольной сетке.

В углах стен один над другим бурят угловые шпуры, направленные по биссектрисе угла. Глубина шпура по биссектрисе принимается равной не более 2/3 толщины стены.

Масса заряда Q при взрывании стен, колонн и т.п. определяется по формуле:

$$Q = KW\sqrt{W}, \text{ кг}, \quad (5.1)$$

где K — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³; для кирпичной кладки $K = 0,4 \div 0,6$ кг/м³, для бетона $0,5 \div 0,6$ кг/м³, для железобетона $0,6 \div 0,7$ кг/м³;

W — линия наименьшего сопротивления, м; принимается равной половине толщины стены. При $W > 1$ м масса заряда определяется по формуле:

$$Q = KW^3.$$

Заряд следует размещать так, чтобы центр его совпадал с серединой стены. Длина заряда должна составлять не более 1/3 толщины стены (половина длины шпура). Свободную от заряда часть шпура заполняют забоечным материалом. В качестве забоечно-

го материала для всех видов зарядов можно использовать влажную глину и сухие глиняные пыжи как в смеси с песком, так и без него.

Диаметр шпура d , при котором длина заряда составляет 1/3 толщины стены, рассчитывается по формуле:

$$d_p = H_c \sqrt{K/\Delta} \sqrt{2/H_c}, \quad (5.2)$$

где H_c — толщина стены, дм;

Δ — плотность заряжения, т/м³.

Примечание. Если при расчете диаметр шпура получается меньше 32 мм, то независимо от полученного результата он принимается равным 32 мм.

Расстояние между шпурами в ряду должно составлять $(0,9 \div 1,3)W$, а между рядами шпуров $(1,3 \div 1,5)W$. При толщине кладки 0,5 м для образования подбоя применяется один ряд зарядов, при толщине кладки от 0,5 до 2 м шпуры располагают в два ряда по высоте.

Взрывание шпуровых зарядов производится с помощью ДШ, инициируемого электродетонаторами.

Параметры взрывания шпуровых зарядов при обрушении зданий и сооружений, принятые для определения нормативных расходов ВМ и объема бурения, приведены в табл. 5.1. Расчеты нормативов выполнены для шпуров диаметром 4 мм.

При взрывании колонны заряд располагают у ее оси по возможности в сосредоточенном виде. Если для этого недостаточно одного, бурят рядом (один над другим) несколько шпуров.

Подбой колонн (опор) диаметром более 2 м производится методом шпуровых зарядов, рассчитанных на разрушение заданного объема, согласно гл. 2.

Для удобства расчета зарядов все здание разбивают на ряд секций, по возможности расположенных симметрично; принятые расположение и веса зарядов заносят в таблицу.

Обрушение сооружений в заданном направлении

Если сооружение (башня, труба) находится среди других сооружений, зданий, которые не должны быть повреждены, то обрушение ведут в определенном направлении, обеспечивающем их сохранность. Этим

направлением (ось валки) обычно является биссектриса допускаемого сектора валки.

Принцип направленного обрушения сооружений (например, труб) заключается в образовании сквозного подбоя (вруба) в несущих опорах не по всему горизонтальному сечению, а только со стороны направления обрушения. Сохранение опоры (целика) с одной стороны и практически мгновенная ликвидация ее со стороны вруба создают под действием сил тяжести и реакции опоры в целике опрокидывающий момент сил, обеспечивающий падение сооружения в заданном направлении.

Направленному обрушению поддаются здания и сооружения (или отдельные их части), высота которых значительно (в 4 раза и более) превышает размер горизонтального сечения на уровне вруба, измеряемый в направлении оси валки.

При достаточном запасе прочности материала целика условно принимается, что наклон трубы происходит вокруг оси (условного шарнира), проходящей через вершину вруба O по схеме рис. 5.3.

Если прочность целика недостаточна, труба в процессе наклона начинает разрушаться вначале около вруба, затем в других местах. Полученная в начальный момент кинетическая энергия разворачивает трубу в заданном направлении.

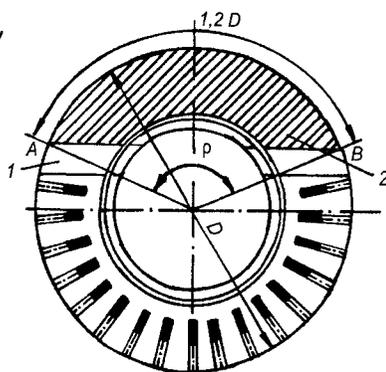
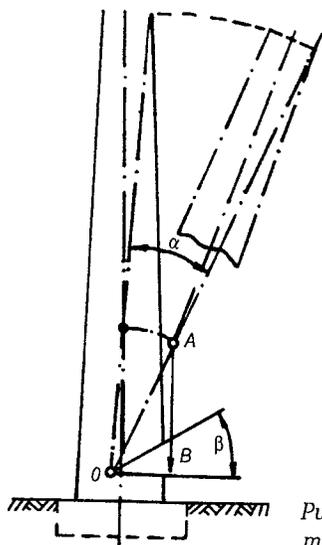


Рис. 5.4. Сооружение насыпи на болоте «лобовым» методом

Рис. 5.3. Условие опрокидывания трубы в заданном направлении

При прочих равных условиях более точная направленность получается в том случае, когда целик испытывает меньшее напряжение на сжатие и ограничен большей по величине хордой AB (рис. 5.4). Этому требованию для круглых труб отвечает целик в секторе ρ , равном $135 - 140^\circ$ ($1,2 D$ по периметру), имеющем форму, указанную на рис. 5.4.

Угол вруба β (см. рис. 5.3) определяется минимально необходимым углом наклона сооружения α , при котором отвес AB , опущенный из центра тяжести A , не попадает в контур горизонтального сечения в месте вруба. Угол β должен равняться углу α или превышать его.

Место подбоя трубы (башни) должно выбираться на таком горизонте, где в оставшемся целике и вблизи него нет проемов (двери, газоходы и т.п.). Если не представляется возможным выбрать такое место, проемы следует тщательно заделать, чтобы создать равнопрочный ствол. Валка в заданном направлении не рекомендуется, если проем, подлежащий заделке, находится от вершины угла вруба на расстоянии менее чем 4—6 толщин ствола.

Вруб создается двумя и более рядами зарядов. Нижние два-три ряда принимают одинаковой длины, остальные — короче, в соответствии с принятым углом вруба.

Вес и расположение зарядов для образования сквозного подбоя определяются так же, как при обрушении стен. Расположение крайних зарядов вруба, граничащих с целиком, должно обеспечивать получение целика заданных размеров. Величина расчетного удельного расхода $ВВ К$ для этих зарядов должна приниматься вдвое меньше, чем для остальных зарядов.

При повышенных требованиях к соблюдению заданного направления валки (сектор валки 90° , ствол ослаблен и т.п.) вместо крайних шпуров вруба, располагаемых около целика, следует пробивать в стволе проемы, высота которых должна быть не менее расстояния между примыкающими верхним и нижним рядами зарядов, а ширина, определяемая удобством проходки проема, не должна превышать 1 м.

Проем может быть образован путем обурирования его сквозными отверстиями с шагом, равным диаметру отверстий буровой коронки. Бурение по такой сетке возможно в том случае, когда в соседнее отверстие

вставляют стержень такого же диаметра, как у буровой коронки.

В отдельных случаях трубы выше их средней части зачаливают тросом электролебедки. Для контроля за натяжением троса на конце его должен быть динамометр. Взрывную машинку включают в момент, когда натяжение троса достигает расчетной величины.

При наличии в трубе внутренней шамотной облицовки, непосредственно прилегающей к стволу, глубину шпуров, линию наименьшего сопротивления и вес заряда принимают с учетом этой облицовки. Последнюю не учитывают, если она не находится в контакте со стволом.

Наличие футеровки и ее расположение при отсутствии чертежа трубы уточняются бурением разведочных шпуров или в процессе пробивания проемов в вершине угла вруба.

При определении опасной зоны следует учитывать дополнительный разлет осколков и возможный сейсмический эффект от удара о грунт при падении трубы.

При валке железобетонных труб необходимо учитывать влияние арматуры на их устойчивость после взрыва, поскольку арматура в зоне вруба рядами не перебивается, а в целикке может выдерживать значительные напряжения на растяжение. Железобетонная труба обрушается в направлении валки в том случае, когда опрокидывающий момент $M_{тр}$ от силы тяжести трубы $P_{тр}$ будет больше суммы моментов сил от сопротивления арматуры вруба продольному изгибу и от сопротивления целика растяжению.

Для расчета железобетонной трубы на обрушение в заданном направлении вначале определяется опрокидывающий момент от силы тяжести трубы

$$M_{тр} = P_{тр}b, \text{ тс} \cdot \text{м}, \quad (5.3)$$

где $P_{тр}$ — вес трубы, тс.

b — расстояние между осями условного шарнира и трубы, м.

В сторону, противоположную моменту $M_{тр}$, действует момент $M_{тр'}$, определяемый как сумма момен-

тов сил реакции от прутков в зоне вруба (предполагается, что они остались прямыми после взрыва), приравняемых к критической силе:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}, \text{ кгс}, \quad (5.4)$$

где $E = 2 \cdot 10^6$ — модуль упругости;

I_{\min} — момент инерции сечения (для кругового прутка $I_{\min} = 0,05d^4$);

d — диаметр прутка, см;

$\mu = 0,5$ — коэффициент, зависящий от способа закрепления бруска (прутка) и характера распределения нагрузки по его длине;

l — длина прутка арматуры в пределах вруба, см.

Для упрощения расчет можно производить не для каждого прутка в отдельности, а для отдельных групп прутков, симметрично расположенных относительно оси валки.

Напряжение в арматуре целика определяется из следующих упрощающих задачу условий:

- вся арматура целика как бы расположена у наиболее удаленного от условного шарнира прутка на расстояние g .

Таблица 5.1.

Расчетные параметры, удельные объемы бурения и расходы ВМ на 1 м³ кладки в зоне подбоя кладки в зоне подбоя при обрушении зданий и сооружений

Толщина кладки, м	Материал кладки	Расчетные параметры, удельные объемы бурения и расходы ВМ на 1 м ³ кладки в зоне подбоя кладки в зоне подбоя при обрушении зданий и сооружений															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,4	Кирпич	0,2	0,4	0,04	0,05	0,23	0,18	0,03	0,25	0,3	7,67	1,33	—	33,33	9,17	—	—
0,4	Кирпич, бетон	0,2	0,5	0,05	0,06	0,23	0,17	0,03	0,25	0,3	7,67	1,67	—	33,33	9,83	—	—
0,4	Бетон	0,2	0,55	0,05	0,06	0,23	0,17	0,03	0,25	0,3	7,67	1,67	—	33,33	10,42	—	—
0,4	Бетон, железобетон	0,2	0,6	0,05	0,06	0,23	0,17	0,03	0,25	0,3	7,67	1,67	—	33,33	11,5	—	—
0,4	Железобетон	0,2	0,7	0,06	0,07	0,24	0,17	0,03	0,25	0,3	8	2	—	33,33	12,5	—	—
0,6	Кирпич	0,3	0,4	0,07	0,08	0,34	0,26	0,11	0,4	0,45	3,09	0,64	9,45	18,18	4	—	—
0,6	То же	0,3	0,45	0,07	0,08	0,34	0,26	0,11	0,4	0,45	3,09	0,64	9,45	18,18	4	—	—
0,6	»	0,3	0,5	0,08	0,1	0,35	0,25	0,11	0,4	0,45	3,18	0,73	0,55	18,18	4	—	—

Окончание таблицы 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,6	Бетон	0,3	0,55	0,09	0,11	0,35	0,24	0,11	0,4	0,45	3,18	0,82	9,55	18,18	4,55
0,6	Бетон, железобетон	0,3	0,6	0,1	0,12	0,36	0,24	0,11	0,4	0,45	3,27	0,91	9,55	18,18	3,86
0,6	Железобетон	0,3	0,7	0,12	0,14	0,37	0,23	0,11	0,4	0,45	3,36	1,09	9,64	18,18	3,18
0,8	Кирпич	0,4	0,4	0,1	0,12	0,46	0,34	0,24	0,5	0,6	1,92	0,42	9,73	8,33	2,29
0,8	То же	0,4	0,45	0,11	0,13	0,47	0,34	0,24	0,5	0,6	1,96	0,46	5,33	8,33	2,29
0,8	Кирпич, бетон	0,4	0,5	0,13	0,16	0,48	0,32	0,24	0,5	0,6	2	0,54	5,38	8,33	2,45
0,8	Бетон	0,4	0,55	0,14	0,17	0,48	0,31	0,24	0,5	0,6	2	0,58	5,42	8,33	2,61
0,8	Бетон, железобетон	0,4	0,6	0,15	0,18	0,49	0,31	0,24	0,5	0,6	2,04	0,63	5,42	8,33	2,61
0,8	Железобетон	0,4	0,7	0,18	0,22	0,51	0,29	0,24	0,5	0,6	2,12	0,75	5,46	8,33	1,83
1	Кирпич	0,5	0,4	0,14	0,17	0,59	0,42	0,46	0,65	0,7	1,28	0,31	5,54	4,34	1,53
1	То же	0,5	0,45	0,16	0,19	0,6	0,41	0,46	0,65	0,7	1,3	0,35	3,39	4,34	1,53
1	Кирпич, бетон	0,5	0,5	0,18	0,22	0,61	0,39	0,46	0,65	0,7	1,33	0,39	3,41	4,34	1,64
1	Бетон	0,5	0,55	0,19	0,23	0,61	0,38	0,46	0,65	0,7	1,35	0,42	3,43	4,34	1,74
1	Бетон, железобетон	0,5	0,6	0,21	0,25	0,63	0,38	0,46	0,65	0,7	1,37	0,46	3,43	4,34	1,48
1	Железобетон	0,5	0,7	0,25	0,3	0,65	0,35	0,46	0,65	0,7	1,41	0,54	3,48	4,34	1,22
1,2	Кирпич	0,6	0,4	0,19	0,23	0,71	0,48	0,71	0,7	0,85	1	0,27	3,53	2,82	1,23
1,2	То же	0,6	0,45	0,21	0,25	0,72	0,47	0,71	0,7	0,85	1,01	0,3	2,65	2,82	1,23
1,2	Кирпич, бетон	0,6	0,5	0,23	0,28	0,74	0,46	0,71	0,7	0,85	1,04	0,33	2,66	2,82	1,28
1,2	Бетон	0,6	0,55	0,26	0,31	0,76	0,45	0,71	0,7	0,85	1,07	0,37	2,7	2,82	1,33
1,2	Бетон, железобетон	0,6	0,6	0,28	0,34	0,77	0,43	0,71	0,7	0,85	1,08	0,4	2,73	2,82	1,16
1,2	Железобетон	0,6	0,7	0,33	0,4	0,8	0,4	0,71	0,7	0,85	1,13	0,47	2,74	2,82	1,13
1,4	Кирпич	0,7	0,4	0,23	0,28	0,84	0,56	1,1	0,8	1	0,76	0,21	2,79	1,82	0,99
1,4	То же	0,7	0,45	0,26	0,31	0,85	0,54	1,1	0,8	1	0,77	0,24	1,94	1,82	0,99
1,4	Кирпич, бетон	0,7	0,5	0,29	0,35	0,88	0,53	1,1	0,8	1	0,8	0,27	1,95	1,82	1,01
1,4	Бетон	0,7	0,55	0,39	0,38	0,89	0,51	1,1	0,8	1	0,81	0,36	1,98	1,82	1,04
1,4	Бетон, железобетон	0,7	0,6	0,35	0,42	0,91	0,49	1,1	0,8	1	0,83	0,2	1,99	1,82	0,92
1,4	Железобетон	0,7	0,7	0,41	0,49	0,95	0,46	1,1	0,8	1	0,86	0,38	2,01	1,82	0,8
1,6	Кирпич	0,8	0,4	0,29	0,35	0,98	0,63	1,4	0,8	1,1	0,7	0,21	2,05	1,43	0,77
1,6	Кирпич, бетон	0,8	0,45	0,32	0,38	0,99	0,61	1,4	0,8	1,1	0,71	0,23	1,72	1,43	0,77
1,6	Бетон	0,8	0,5	0,36	0,43	1,02	0,59	1,4	0,8	1,1	0,73	0,26	1,72	1,43	0,79
1,6	Бетон, железобетон	0,8	0,55	0,39	0,47	1,04	0,57	1,4	0,8	1,1	0,74	0,28	1,74	1,43	0,81
1,6	Железобетон	0,8	0,6	0,43	0,52	1,06	0,54	1,4	0,8	1,1	0,76	0,31	1,75	1,43	0,63
1,8	Кирпич	0,9	0,7	0,5	0,6	1,1	0,5	1,4	0,8	1,1	0,79	0,36	1,75	1,45	0,57
1,8	То же	0,9	0,45	0,38	0,46	1,13	0,67	1,9	0,8	1,3	0,59	0,20	1,33	1,06	0,59
1,8	Кирпич, бетон	0,9	0,5	0,43	0,52	1,16	0,64	1,9	0,8	1,3	0,61	0,23	1,35	1,06	0,61
1,8	Бетон	0,9	0,55	0,47	0,57	1,19	0,62	1,9	0,8	1,3	0,63	0,25	1,37	1,06	0,63
1,8	Бетон, железобетон	0,9	0,6	0,51	0,61	1,2	0,59	1,9	0,8	1,3	0,63	0,27	1,38	1,06	0,55
1,8	Железобетон	0,9	0,7	0,6	0,72	1,26	0,54	1,9	0,8	1,3	0,66	0,32	1,39	1,07	0,53
2	Кирпич	1	0,4	0,4	0,48	1,24	0,76	2,5	0,9	1,4	0,5	0,16	1,41	0,8	0,51
2	То же	1	0,45	0,45	0,54	1,27	0,73	2,5	0,9	1,4	0,51	0,18	1,12	0,8	0,51
2	Кирпич, бетон	1	0,5	0,5	0,6	1,3	0,7	2,5	0,9	1,4	0,52	0,2	1,13	0,8	0,54
2	Бетон	1	0,55	0,55	0,66	1,33	0,67	2,5	0,9	1,4	0,53	0,22	1,14	0,8	0,58
2	Бетон, железобетон	1	0,6	0,6	0,72	1,36	0,64	2,5	0,9	1,4	0,54	0,24	1,16	0,8	0,48
2	Железобетон	1	0,7	0,7	0,84	1,42	0,58	2,5	0,9	1,4	0,57	0,28	1,17	0,8	0,45

5.2. Дробление фундаментом

Взрывные работы по дроблению фундаментов могут производиться как на открытых площадках, так и внутри зданий.

Для дробления фундаментов заряды, как правило, размещают в шпурах.

При разрушении фундамента сразу на всю его высоту глубина шпуров принимается меньше высоты на 4–5 диаметров заряда.

Для прослойного разрушения фундамента глубина вертикальных шпуров должна быть равна толщине каждого слоя, за исключением последнего, в котором глубина шпура принимается меньше толщины снимаемого слоя на 4–5 диаметров заряда.

При дроблении фундамента горизонтальными шпурами расстояние между основанием фундамента и нижним рядом шпуров должно составлять 0,2–0,4 м.

Фундамент перед взрыванием должен быть освобожден от засыпки до отметки, проходящей через нижние точки зарядов.

Величина заряда в шпуре для дробления фундамента определяется по формуле:

$$Q = KW\sqrt{W}, \text{ кг}, \quad (5.5)$$

где K — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³;
 W — расстояние от оси шпура до края фундамента, м.

При $W > 1$ м величина заряда Q определяют по формуле $Q = KW^3$ при условии, что K в зависимости от материала фундамента принимается:

Кирпич, бетон без арматуры и бут 0,3–0,5 кг/м³
 Железобетон 0,4–0,6 кг/м³

Величина W принимается в пределах $(0,5 \div 0,7) l_{шп}$, где $l_{шп}$ — глубина шпура.

Если W составляет меньше половины $l_{шп}$, заряд в шпуре следует рассредоточить, рассчитывая каждую часть заряда на свою ЛНС.

Расстояние между центрами зарядов, расположенных в одном шпуре, следует принимать не меньше величины a — расстояния между шпурами, за исключением верхнего промежутка, который может быть короче остальных вследствие уменьшенного веса верхнего заряда.

Промежутки между зарядами и верхняя, свободная от заряда часть шпура должны заполняться забойным материалом.

В том случае, когда применять рассредоточенные заряды в шпуре нецелесообразно и требуется по заданному W определить величину удлиненного заряда, необходимо:

- рассчитать необходимую вместимость 1 м шпура P и затем по таблице 2.2 установить необходимый диаметр заряда;

- б) установить длину забойки в пределах 20 – 30 диаметров заряда;
- в) определить массу заряда.

Расчетный диаметр зарядов должен строго выдерживаться. Необходимо учитывать, что даже при помещении расчетного количества ВВ в шпур завышение диаметра заряда приведет к усиленному разлету кусков породы.

Таблица 5.2.

Базовый расход ВВ, кг/1000 м³ фундамента

Материал кладки	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м	Толщина кладки, м				
		1	1,5	2	2,5	3
Кирпич, бетон	0,3	367	489	450	507	489
	0,35	400	533	483	560	534
	0,4	467	622	584	600	623
	0,45	533	689	667	667	700
	0,5	600	733	750	747	767
Железобетон	0,55	633	756	800	774	800
	0,6	700	800	867	827	867

Таблица 5.3.

Расчетные параметры взрывания шпуровых зарядов при дроблении фундаментов

Толщина кладки, м	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м	Толщина снимаемого слоя, м	Глубина шпура в слое, м		Масса заряда, кг								Длина заряда, м					
			I	II	первого		второго		третьего		общая		первого					
					I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
1	0,3	1	0,8	—	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11	—	0,13	—	
	0,35	1	0,8	—	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,12	—	0,15	—	
	0,4	1	0,8	—	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—	0,14	—	0,17	—	
	0,45	1	0,8	—	0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16	—	0,19	—	
	0,5	1	0,8	—	0,18	—	—	—	—	—	—	—	—	0,18	—	0,22	—	
	0,55	1	0,8	—	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—	0,19	—	0,23	—	
	0,6	1	0,8	—	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	0,21	—	0,25	—	
	1,5	0,3	1,5	1,3	—	0,11	—	0,11	—	—	—	—	—	—	0,22	—	0,13	—
		0,35	1,5	1,3	—	0,12	—	0,12	—	—	—	—	—	—	0,24	—	0,15	—
		0,4	1,5	1,3	—	0,14	—	0,14	—	—	—	—	—	—	0,28	—	0,17	—
0,45		1,5	1,3	—	0,16	—	0,15	—	—	—	—	—	—	0,31	—	0,19	—	
0,5		1,5	1,3	—	0,18	—	0,15	—	—	—	—	—	—	0,33	—	0,22	—	
0,55		1,5	1,3	—	0,19	—	0,15	—	—	—	—	—	—	0,34	—	0,23	—	
0,6		1,5	1,3	—	0,21	—	0,15	—	—	—	—	—	—	0,36	—	0,24	—	
2		0,3	2	1,8	—	0,11	—	0,11	—	0,05	—	0,27	—	—	0,13	—	—	—
		0,35	2	1,8	—	0,12	—	0,12	—	0,05	—	0,29	—	—	0,15	—	—	—
		0,4	2	1,8	—	0,14	—	0,14	—	0,07	—	0,35	—	—	0,17	—	—	—
	0,45	2	1,8	—	0,16	—	0,16	—	0,08	—	0,4	—	—	0,19	—	—	—	
	0,5	2	1,8	—	0,18	—	0,18	—	0,09	—	0,45	—	—	0,22	—	—	—	

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	0,55	2	1,8	—	0,19	—	0,19	—	0,1	—	0,48	—	0,23	—
	0,6	2	1,8	—	0,21	—	0,21	—	0,1	—	0,52	—	0,25	—
	0,3	1,25	1,25	1,1	0,11	0,11	0,11	0,5	—	—	0,22	0,16	0,13	0,13
	0,35	1,25	1,25	1,1	0,12	0,12	0,12	0,06	—	—	0,24	0,18	0,15	0,15
	0,45	1,25	1,25	1,1	0,16	0,16	0,1	0,08	—	—	0,26	0,24	0,19	0,19
2,5	0,5	1,25	1,25	1,1	0,18	0,18	0,1	0,1	—	—	0,28	0,28	0,22	0,22
	0,55	1,25	1,25	1,1	0,19	0,19	0,1	0,1	—	—	0,29	0,29	0,23	0,23
	0,6	1,25	1,25	1,1	0,21	0,21	0,1	0,1	—	—	0,31	0,31	0,25	0,25
	0,3	1,5	1,5	1,3	0,11	0,11	0,11	0,11	—	—	0,22	0,22	0,13	0,13
	0,35	1,5	1,5	1,3	0,12	0,12	0,12	0,12	—	—	0,24	0,24	0,15	0,15
	0,4	1,5	1,5	1,3	0,14	0,14	0,14	0,14	—	—	0,28	0,28	0,17	0,17
	0,45	1,5	1,5	1,3	0,16	0,16	0,16	0,15	—	—	0,32	0,31	0,19	0,19
	0,5	1,5	1,5	1,3	0,18	0,18	0,18	0,15	—	—	0,36	0,33	0,22	0,22
	0,55	1,5	1,5	1,3	0,19	0,19	0,19	0,15	—	—	0,38	0,34	0,23	0,23
	0,6	1,5	1,5	1,3	0,21	0,21	0,21	0,15	—	—	0,42	0,36	0,25	0,25

Длина заряда, м	Длина заряда, м				Длина промежутка, м				Длина забойки, м		Расстояние между зарядами, м	Расстояние между рядами зарядов, м	Объем взрываемый одним шпуром, м		
	второго		третьего		нижнего		верхнего		Длина забойки, м				I	II	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II					
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,67	—	0,6	0,5	0,3	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	—	0,6	0,5	0,3	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,63	—	0,6	0,5	0,3	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,61	—	0,6	0,5	0,3	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,58	—	0,6	0,5	0,3	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,57	—	0,6	0,5	0,3	—
1,5	0,13	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,54	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,15	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,17	—	—	—	0,46	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,18	—	—	—	0,43	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,18	—	—	—	0,4	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,18	—	—	—	0,39	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
2	0,13	—	—	—	0,37	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,5	0,45	—
	0,15	—	0,06	—	0,5	—	0,44	—	0,5	—	0,6	0,5	0,6	—	
	0,17	—	0,08	—	0,5	—	0,42	—	0,5	—	0,6	0,5	0,6	—	
	0,19	—	0,1	—	0,5	—	0,38	—	0,5	—	0,6	0,5	0,6	—	
	0,22	—	0,11	—	0,45	—	0,35	—	0,45	—	0,6	0,5	0,6	—	
	0,23	—	0,12	—	0,39	—	0,39	—	0,45	—	0,6	0,5	0,6	—	
2,5	0,25	—	0,12	—	0,37	—	0,37	—	0,45	—	0,6	0,5	0,6	—	
	0,13	0,06	—	—	0,49	0,46	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,15	0,07	—	—	0,45	0,43	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,12	0,1	—	—	0,44	0,36	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,12	0,12	—	—	0,41	0,31	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,12	0,12	—	—	0,4	0,3	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,12	0,12	—	—	0,38	0,28	—	—	0,5	0,45	0,6	0,5	0,38	0,38	
	0,13	0,13	—	—	0,74	0,5	—	—	0,6	0,54	0,6	0,5	0,45	0,45	
	0,15	0,15	—	—	0,6	0,5	—	—	0,6	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	
	0,17	0,17	—	—	0,6	0,46	—	—	0,55	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	
3	0,19	0,18	—	—	0,6	0,43	—	—	0,5	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	
	0,22	0,18	—	—	0,53	0,4	—	—	0,5	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	
	0,23	0,18	—	—	0,54	0,39	—	—	0,5	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	
	0,25	0,18	—	—	0,5	0,37	—	—	0,5	0,5	0,6	0,5	0,45	0,45	

Примечание. I и II — номера взрываемых слоев.

5.3. Посадка насыпей на болотах

Для посадки на твердое дно болот при пересечении строящимися шоссейными и железнодорожными дорогами торфяных болот выполнение взрыва должно решить следующие задачи.

Разрушение или удаление плотного верхнего слоя (коры) болота до отсыпки насыпи для обеспечения свободного ее погружения сквозь неустойчивую среду. Это выполняется путем взрывания зарядов, рассчитанных на выброс и расположенных в покрове болот.

Полное выжимание неустойчивой среды из-под насыпи путем взрывания зарядов, расположенных между насыпью и твердым дном. Работа этих зарядов направлена на разжижение и выбрасывание неустойчивой среды из-под насыпи, а также подъем насыпи, обеспечивающий при обратном ее падении динамический удар, необходимый для выжимания из-под насыпи остатков разжиженного торфа.

Опускание откосов насыпи на твердое дно болота путем взрывания под ними зарядов рыхления.

Если болото имеет глубину 2,5–3 м, при снятии коры болот выбрасывается практически весь торф и дополнительное взрывание под насыпью не требуется.

Если болото сложено торфом с высокой степенью разложения, при отсыпке насыпи в образованные взрывом траншеи она своей массой вытесняет хорошо текучий разложившийся торф и сама садится на твердое дно болота. В таких условиях взрывания под насыпью также не требуется.

Если болото имеет глубину свыше 3 м и сложено слабаразложившимся торфом, то при отсыпке в траншею насыпь зависает, не достигнув дна болота, и для окончательной ее посадки необходимо производить взрывание под насыпью.

При подготовке взрывов необходимо определить мощность торфяника, мощность плотного покрова (коры) болота, степень разложения торфа. Должны быть нанесены на ситуационный план местности искусственные сооружения, ЛЭП и линии связи, попадающие в опасную зону, предусмотрены меры по защите их от действия взрыва.

В случае продольной отсыпки насыпей (с железнодорожного транспорта) сперва взрывают осевую траншею с направленным односторонним выбросом массы (методом наклонных скважинных зарядов). Вдоль траншеи и на сваях настилают путь и с него в осевую траншею отсыпают насыпь. После этого путь переносят на осевую насыпь и взрывают боковые траншеи, в которые отсыпку насыпи производят с осевого пути. Если три траншеи не обеспечивают полную ширину насыпи, взрывают дополнительные боковые траншеи.

Ширина осевой траншеи:

$$B_{ок} = 2W_n, \quad (5.6)$$

где W — глубина заложения заряда. При глубине болота до 3 м $W = H$ (здесь H — полная глубина болота при глубоких болотах); $W = 0,9h$ (здесь h — мощность «коры» болота, но не более 3 м);

n — показатель действия взрыва.

Полезная ширина боковых траншей, вследствие отжимания насыпью торфа, меньше осевой и составляет $B = 1,7 W_n$.

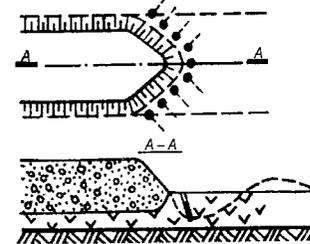


Рис. 5.5. Сооружение насыпи на болоте «лобовым» методом

При отсыпке насыпи (с помощью самосвалов и бульдозеров) «лобовым» способом применяют метод поперечных траншей. Для максимального отбрасывания торфа за пределы трассы заряды располагают елочкой (рис. 5.5).

Поперечные траншеи взрывают методом удлиненных зарядов в наклонных скважинах. Ввиду многократной переброски и отжимания торфяной массы полезная ширина их еще меньше и составляет всего $B_n = 1,2 W_n$.

Параметры взрывных работ рассчитывают в следующем порядке.

Глубина скважины (м):

$$L = \frac{W}{\sin \alpha}, \quad (5.7)$$

где α — угол наклона скважины, обычно 45–50°.

Масса заряда:

$$Q = q_p W^3 f_n, \quad (5.8)$$

где q_p — расчетный удельный расход ВВ; в зависимости от зольности торфа составляет:

% зольности, кг/м	20	30	40	50	60	70
	0,58	0,59	0,61	0,65	0,71	0,81

f_n — функция показателя действия заряда, составляющая при взрывании торфов наклонными скважинами:

n	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
f_n	1	1,10	1,2	1,55	2,1	2,82	3,6

Длина заряда:

$$l_3 = 0,75L. \quad (5.9)$$

Диаметр заряда:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi l_3 \Delta}}. \quad (5.10)$$

Расстояние между зарядами при взрывании осевой траншеи:

$$a_{oc} = W \sqrt[3]{f_n}. \quad (5.11)$$

Расстояние между скважинами при взрывании боковых и поперечных траншей:

$$a_{\sigma} = 0,9a_{oc}. \quad (5.12)$$

Расстояние от проектной оси до линии заложения скважин:

$$B = \sqrt{L^2 - W^2}. \quad (5.13)$$

Взрывание осевой, боковых и поперечных траншей выполняется мгновенно с помощью детонирующего шнура.

Если взрывания верхнего покрова болот (методами продольных и поперечных траншей) недостаточно для посадки тела насыпи на дно болота, в проекте предусматривается еще посадка откосов насыпи, которая выполняется путем взрывания скважинных зарядов, заложенных до дна болота у откосов насыпи.

Если в результате насыпи в траншее она не опустилась на минеральное дно и необходимо взрывание под насыпью, одновременно выполняется посадка откосов насыпи и рыхление придорожной полосы, куда выжимается торф из-под насыпи.

Взрывание под насыпью следует выполнять, когда высота насыпи более чем в 2 раза превышает мощность слоя торфа, чтобы в результате взрыва насыпь не погрузилась полностью в разжиженную массу.

6.1. Ледокольные взрывные работы

При производстве ледокольных работ взрывной метод применяется при толщине льда более 20 см. Для дробления льда обычно используют заряды, опускаемые под лед в воду.

Масса подводных зарядов при взрывании ледяного покрова:

$$Q = KW^3, \tag{6.1}$$

где K — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³;
 W — длина ЛНС, равная расстоянию от центра заряда к верхней поверхности льда, м.

Расчетный удельный расход ВВ K (кг/м³) в зависимости от диаметра майны D_m при взрывании одиночного заряда:

D_m/W	1	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	7,5
K	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,5

При $K < 0,4$ кг/м³ происходит рыхление льда без его разброски и видимого образования майны. При $K = 0,4 \div 0,6$ кг/м³ образуется майна, полностью забитая крупными осколками льда. При $K = 0,6 \div 0,9$ кг/м³ образуется майна с мелко раздробленными кусками льда с ограниченным их разлетом. При $K = 0,9 \div 1,5$ кг/м³ формируется майна, свободная от льда, с интенсивным разбросом кусков.

Расстояние между зарядами (м):

$$\alpha \approx 2D_m. \tag{6.2}$$

При наличии закраин и полыней расстояние между зарядами может приниматься в пределах (10 ÷ 15) W . Для расчленения ледяного покрова на отдельные карты заряды располагают рядами.

Взрывание подводных зарядов производится с помощью детонирующего шнура, для инициирования которого используются электродетонаторы или зажигательные трубки.

Длина зажигательной трубки должна составлять 2 м при расстоянии между зарядами до 5 W и 2,5 м при большем расстоянии между зарядами.

Базовые линии наименьшего сопротивления W_6 и расстояние между зарядами a_6 принимаются в зависимости от толщины льда по табл. 6.1.

Таблица 6.1.

Базовые линии наименьшего сопротивления W_6 , расстояние между зарядами a , и удельный расход ВВ при взрывании льда

Толщина льда, м	Линия наименьшего сопротивления W_6 , м	Базовое расстояние между зарядами a_6 (м) при K , кг/м ³				Базовый удельный расход ВВ, кг/100 м ² ледяного покрова, при K , кг/м ³			
		0,4	0,6	0,9	1,5	0,4	0,6	0,9	1,5
0,2-0,29	1,3	6,5	9	13	19,5	2,1	1,6	1,2	0,8
0,3-0,39	1,4	7	10	14	21	2,2	1,7	1,25	0,9
0,4-0,49	1,5	7,5	11	15	22,5	2,4	1,9	1,3	1
0,5-0,59	1,6	8	12	16	24	2,6	2	1,4	1,1
0,6-0,69	1,8	8,5	13	17	25,5	2,8	2,2	1,6	1,2
0,7-0,79	1,9	9,5	14	19	28,9	3,08	2,3	1,7	1,3
0,8-0,89	2,1	10,5	15	21	31,5	3,4	2,6	1,9	1,4
0,9-0,99	2,3	11,5	17	23	34,5	3,7	2,8	2,1	1,5
1-1,09	2,5	12,5	18	25	37,5	4	3,1	2,2	1,7
1,1-1,19	2,7	13,5	19	27	40,5	4,3	3,4	2,4	1,8
1,2-1,29	2,9	14,5	20,5	29	43,5	4,6	3,5	2,6	1,9
1,3-1,39	3,1	15,5	22	31	46,5	5	3,8	2,8	2
1,4-1,5	3,3	16,5	24	33	49,5	5,3	4,1	3	2,2

Взрывание льда при ледоходе производится для защиты от повреждения мостов и плотин, судов и других объектов, для предупреждения наводнений и в некоторых других случаях. Необходимость выполнения работ, их характер и объемы определяются на основе

опыта прошлых лет и в зависимости от условий предстоящего ледохода.

К подготовительным работам приступают заблаговременно с таким расчетом, чтобы к моменту подвижки льда вся подготовка была закончена.

Подготовительные работы заключаются в колке льда вокруг защищаемых объектов, раскалывания определенных участков ледяного покрова, дроблении донного льда, разбивке льда на зимних дорогах, выколке древесины, вмерзшей в лед, и др.

Взрывание льда у защищаемых объектов производится до вскрытия реки (профилактические подготовительные работы) и в период ледохода. В последнем случае осуществляются работы по раскалыванию плывущих льдин, для того чтобы обеспечить прохождение льда под мостом и предупредить или ликвидировать заторы льда.

Заряды опускают под лед на крепком шпагате (рис. 6.1; 6.2; 6.3), веревке или шесте (рис. 6.4), которые закрепляют на перекладине, уложенной поперек проруби. При этом необходимо учитывать возможный снос зарядов течением реки.

Взрывание зарядов должно производиться от середины реки к берегам, от крутого берега к пологому, снизу вверх (против течения реки). Образование полыньи или каналов вблизи опор, ледорезов и труб производится после их ручной околки и начинается с взрывания зарядов, не превышающих 0,3 кг. При применении зарядов в 0,3 кг и более необходимо соблюдать безопасные расстояния, исключающие повреждение охраняемых объектов.

Взрывные работы в период подвижки льда (ледохода) заключаются в равномерном разрыхлении льда, проходящего мимо защищаемых сооружений, предупреждении заторов льда и их ликвидации.

Плывущие льдины большого размера не следует подпускать к охраняемым объектам. Большие льдины надо взрывать подводными или наружными зарядами выше против течения реки на расстоянии 1–5 км от объекта (в зависимости от количества льдин, подлежащих раскалыванию, и скорости течения воды).

Для «перехвата» больших льдин на дальних подступах к объекту (1–5 км) организуются специальные

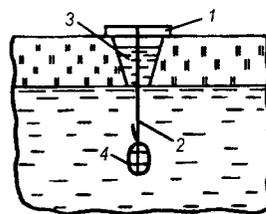


Рис. 6.1. Опускание заряда через лунку на шпагате:

- 1 — перекладина;
- 2 — шпагат; 3 — лунка;
- 4 — заряд.

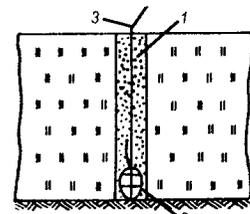


Рис. 6.2. Расположение заряда в лунке при промерзании до дна:

- 1 — забойка из снега и битого льда;
- 2 — заряд; 3 — шпагат.

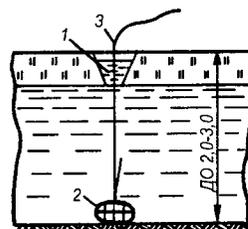


Рис. 6.3. Опускание заряда на дно при отсутствии течения:

- 1 — лунка; 2 — заряд;
- 3 — шпагат.

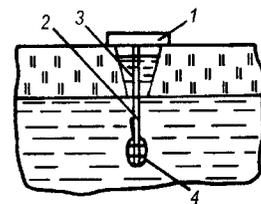


Рис. 6.4. Опускание заряда через лунку на шесте с перекладиной:

- 1 — перекладина;
- 2 — шест; 3 — лунка;
- 4 — заряд.

круглосуточные посты наблюдения с дежурными командами взрывников.

В период ледохода, когда лед идет сплошной массой и невозможно использовать плавучие средства для высадки взрывников на большие льдины, раскалывание их производится зарядами, бросаемыми с берега из укрытия. Вес заряда определяется на месте в зависимости от прочности, толщины и поперечного размера льдин.

При глубине реки не более 3 м плывущие льдины можно раскалывать бросанием зарядов на дно реки с таким расчетом, чтобы центр льдины оказался над зарядом в момент его взрыва.

Заторы, образовавшиеся выше защищаемых объектов, ликвидируются зарядами ВВ, располагаемы-

ми в замке затора, который, как правило, находится в голове затора и определяется по местам торования льда.

Мощные заторы рекомендуется ликвидировать одновременным бескапсюльным взрыванием зарядов, расположенных вдоль затора в один-два ряда.

Имеющиеся в заторе, расположенном выше защищаемых объектов, большие льдины, которые могут нанести повреждения объектам, раскалывают взрывами до ликвидации затора.

Ликвидация заторов у защищаемых объектов осуществляется путем взрывания зарядов, расположенных в один ряд вдоль затора, и образования в результате взрыва канала напротив наибольшего пролета защищаемого объекта. На больших реках каналы образуют одновременно напротив нескольких пролетов.

6.2. Образование камуфлетных полостей

Камуфлетные полости применяют при сооружении свай с уширенной пятой (камуфлетные сваи) — при строительстве подземных емкостей для хранения некоторых жидкостей и газов, при сооружении ям под столбы и опоры.

Сущность работы по образованию камуфлетных полостей заключается в том, что в скважине или шпуре размещают и взрывают заряд ВВ. При этом в массиве образуется камуфлетная полость. Образование полостей в пластичных породах (глинах, суглинках).

Для выполнения работ необходимо опытным взрывом уточнить принятый показатель простреливаемости пород, в которых предполагается выполнить взрывы. Если выше пласта, в котором намечено образовать полости, расположены сыпучие или плавучие породы, бурение скважин следует вести с полной обсадкой во избежание прорыва неустойчивых грунтов в созданную взрывом полость.

Величину заряда (кг) рассчитывают по формуле:

$$Q = \frac{V_n}{\Pi_{np}}, \quad (6.3)$$

222 где Π_{np} — проектный объем полости, дм^3 .

Чтобы исключить образование воронки на поверхности, определяют минимально допустимую глубину заложения расчетного заряда по формуле:

$$W_{\min} \geq 2,3 \sqrt{\frac{Q}{q_p}}, \quad (6.4)$$

где q_p — расчетный удельный расход ВВ на единицу объема нормальной воронки.

Если принятая глубина заложения заряда меньше минимально допустимой величины, т.е. $W_{np} < W_{\min}$, применяют последовательную прострелку, для чего определяют допустимую величину заряда:

$$Q_{oon} \leq \frac{q W_{\min}^3}{8}. \quad (6.5)$$

После этого определяют необходимое число прострелок:

$$N_{np} = \frac{Q}{Q_{oon}}, \quad (6.6)$$

округляя полученное число до большего целого числа.

При первой прострелке заряд может быть насыпным или вводиться в скважину в виде патрона-боевика. В случае многократной прострелки каждый последующий заряд готовится в виде одного патрона-боевика. При последовательной прострелке интервал между взрывами должен быть не менее 15 мин для ВВ II группы и 30 мин для ВВ других групп.

Для предохранения от повреждений ствола скважины необходимо применять забойку из сухого песка или воды. Высота забойки над зарядом должна быть не менее удвоенной длины заряда.

При образовании камуфлетных полостей под сваи величину заряда рассчитывают по формуле:

$$Q = \frac{R^3}{0,24 \Pi_{np}}, \quad (6.7)$$

где R — проектный радиус уширенной пяты сваи или радиус котла, дм .

При образовании камуфлетных полостей под установку свай диаметр скважин должен на 30 — 50 мм превышать диаметр бетонной сваи. Прострелку произво-

дят сосредоточенными зарядами в виде патронов-боевиков. Взрывание — только электрическое.

При составлении проекта необходимо предусматривать установку свай, начиная с бурения скважины. При строительстве ям под столбы и опоры по оси будущей ямы бурят скважину, в ней взрывают удлиненный заряд, расширяя скважину до требуемого диаметра. Диаметр получаемой ямы пропорционален диаметру заряда. Поэтому диаметр заряда определяется по формуле:

$$d_3 = \sqrt{\frac{D_n^2}{\Pi_{np} \rho}}, \quad (6.9)$$

где D_n — проектный диаметр полости (ямы), дм;
 ρ — плотность ВВ в заряде, кг/дм³.

При использовании стандартных патронов диаметром 32 мм два патрона соответствуют расчетному диаметру заряда 45 мм, три патрона — 55 мм, четыре — 64 мм, пять патронов — 71 мм. Если расчетный диаметр меньше 32 мм, предусматривается рассредоточение заряда таким образом, чтобы масса 1 м рассредоточенного заряда соответствовала рассчитанному диаметру (рис. 6.5).

Диаметр скважины применяют в 1,5 раза большим рассчитанного диаметра, т.е. $1,5 d_3$. Глубина скважины должна на 10 % превышать проектную глубину выемки. В летний период принимают $l_{заб} = 20 d_3$, а длину заряда $l_3 = 20 d$. Зимой, при наличии мерзлоты, когда необходимо разрушить мерзлый слой, длину заряда принимают равной длине скважины, т.е. $l_3 = L$.

Массу заряда (кг) определяют по формуле:

$$Q = 0,785 d_3^2 l_3 \rho. \quad (6.10)$$

На трассе, по которой расположены ямы, возможны изменения свойств грунта. Поэтому в проекте следует предусматривать плотность грунта.

На рис. 6.6 показана технологическая схема сооружения подземного резервуара взрывом.

В породах проходят шурф или скважину. Для защиты от водоносных горизонтов шурф или скважину

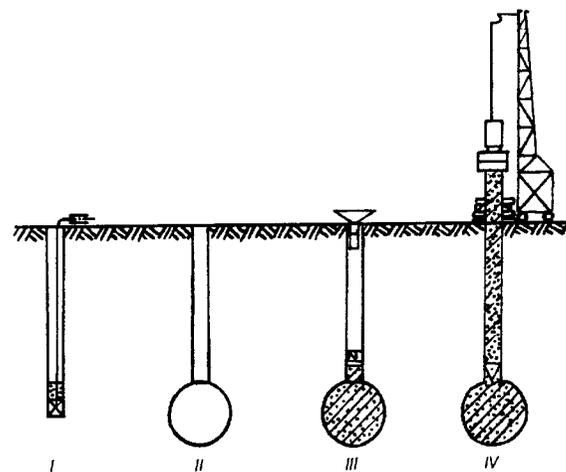


Рис. 6.5. Технологическая схема работ по сооружению камуфлетных свай:

- I — бурение скважины и зарядание для прострелки;
 II — простреливание; III — заполнение котла бетоном;
 IV — вибропогружение свай в бетон.

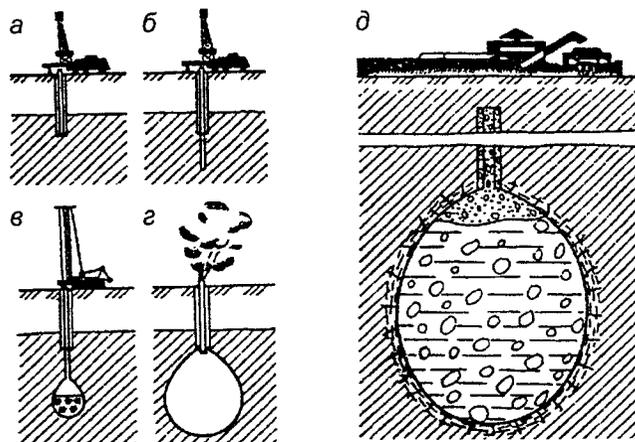


Рис. 6.6. Технологическая схема сооружения подземного резервуара камуфлетным взрывом через скважину:

- а и б — бурение скважины соответственно начальным и конечным диаметром;
 в — образование прострелочного котла; г — основной взрыв;
 д — подземный резервуар, заполненный токсичными веществами.

крепят или цементируют. Затем шурф (скважину) углубляют до отметки заложения заряда ВВ, на забой незакрепленной части шурфа (скважины) опускают заряд ВВ, а скважину (шурф) заполняют гидрозабойкой. В момент взрыва продукты детонации оказывают ударную нагрузку на стенки зарядной камеры. Расширение продуктов взрыва сопровождается образованием сферической полости, сообщающейся с поверхностью земли через закрепленный шурф (скважину).

Таким образом, наиболее трудоемкая часть строительства — земляные работы (разработка, транспортирование грунта и размещение отвалов) — выпадает.

6.3. Взрывные работы при сейсморазведке

Для сейсморазведки применяют взрывы зарядов, подвешиваемых в воздухе либо помещенных в грунт или в воду. Условия взрывания, величина зарядов и их форма, глубина заложения и последовательность взрывания определяются проектом, составленным в соответствии с заданием руководителя разведочной партии.

Опускают подготовленные заряды в скважину или в воду с соблюдением мер предосторожности. Натяжение взрывной магистрали при этом не допускается.

Заклинившийся в выработке заряд должен быть извлечен из нее и после прочистки вновь помещен в выработку и взорван. При невозможности извлечения заряда из выработки он ликвидируется дополнительно спущенным зарядом.

Отказавший заряд должен быть извлечен из скважины и уничтожен взрыванием в безопасном месте. Если извлечь его невозможно, то он ликвидируется дополнительно спущенным зарядом, как и при заклинении заряда в выработке.

При сейсморазведке применяют только электрический способ взрывания.

В зависимости от заданной величины и глубины заложения заряда должен быть определен характер действия взрыва и установлены радиусы опасных зон (по разлету осколков, сейсмике и т.п.), местонахождение взрывной станции, людей, блиндажа для укрытия.

Если в установленных опасных зонах находятся люди или оказались какие-либо сооружения или здания, то до решения вопросов безопасности в установленном порядке заряды взрывать не разрешается.

Технические данные о произведенных взрывных работах записывают в журнал учета работ в день производства взрыва. Этот журнал является техническим отчетом о выполненных работах.

Перед взрыванием зарядов в скважинах или шурфах над зарядом помещают забойку. В качестве забойного материала используют воду, буровой раствор или грунт.

Взрывная магистраль должна быть изготовлена двухпроводной из гибкого провода, концы проводников электродетонаторов должны быть накоротко замкнуты до момента присоединения их к магистральным проводам.

Провода от приборов, служащих для разведки, должны иметь наружное отличие от проводов электро-взрывной сети (например, разную окраску).

6.4. Торпедирование скважин

Торпедирование скважин производится взрывом заряда на заданной глубине скважины с целью увеличения дебита воды, очистки фильтров, ликвидации аварий при бурении и т.п.

Перед каждым торпедированием должны быть получены следующие данные:

- общая глубина скважины;
- длина и диаметр колонны обсадных труб или диаметр скважины при отсутствии в намеченном месте взрыва обсадных труб;
- высота уровня жидкости;
- наличие в скважине пробок, обвалов, поврежденных в трубах и т.п., которые могут препятствовать спуску торпеды на нужную глубину;
- наличие на дне скважины грязи или глинистого осадка.

Указанные данные наносятся графически на продольный разрез по оси скважины.

Величина заряда торпеды (рис. 6.7) зависит от ее внутреннего диаметра, длины, участка скважины, под-

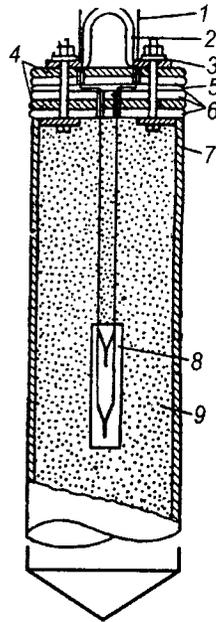


Рис. 6.7. Торпеда:

- 1 — провод;
- 2 — металлическая скоба;
- 3 — свинцовая шайба;
- 4 — фланец;
- 5 — гудрон;
- 6 — резиновые прокладки;
- 7 — корпус;
- 8 — боевик;
- 9 — взрывчатое вещество.

лежащего торпедированию, и определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \Delta \ell, \quad (6.11)$$

где d — внутренний диаметр торпеды, дм.
 Δ — плотность заряжания, кг/дм.
 ℓ — длина заряда в торпед, дм.

При дроблении оставшихся в скважине долот и других металлических предметов в зависимости от их прочности и размера вес заряда практически принимается (в кг):

Для долот диаметром:

400 мм	25 — 30
300 мм	22 — 25
Для клиньев	12 — 15
Для дисков и плашек	4 — 8

При разрушении обсадных труб вес заряда в зависимости от диаметра труб составляет:

Диаметр труб, мм	100	125	150	200	250	300	400
Вес заряда, кг	6	9	13	16	18	22	30

Выбор материала для изготовления оболочки торпеды и расчет толщины ее стенок производится с учетом возможного давления столба воды в скважине, которое определяется по формуле:

$$P = H / 10, \quad (6.12)$$

где P — давление столба воды в скважине, атм;
 H — максимальная высота воды над торпедой, м.

Наружный диаметр оболочки торпеды определяется с учетом ее свободного прохождения и должен быть на 25 мм меньше диаметра скважины, при торпедировании бурильных, насосно-компрессорных и обсадных труб — на 10 мм. В последнем случае при необходимости увеличения веса заряда допускается уменьшение зазора до 6 мм.

Полный вес торпеды должен не менее чем в 1,5 раза превышать вес вытесненной ею жидкости. При меньшем весе в нижнюю часть торпеды для ее утяжеления вводится дополнительный груз.

Необходимую толщину цилиндрической оболочки торпеды определяют по формуле:

$$\delta = pD / 2\vartheta, \quad (6.13)$$

где p — давление жидкости в скважине, кг/см;
 D — внутренний диаметр торпеды, см;
 ϑ — допускаемое напряжение на сжатие материала цилиндрической оболочки торпеды, принимаемое для стали 1000 кгс/см.

При изготовлении торпеды с плоскими основаниями толщину основания определяют по формуле:

$$\delta = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\vartheta}}. \quad (6.14)$$

Чтобы не происходило намокание заряда ВВ, конструкция оболочки торпеды должна обеспечивать полную ее герметичность при статистическом давлении на заданной глубине торпедирования.

Для проверки герметичности необходимо заполнить торпеду сухим песком и опустить в то место скважины, где намечается взрыв. В таком состоянии торпеда должна пробыть в скважине не менее 1 ч. Это позволит определить герметичность оболочки и проходимость ее по скважине.

Боевик в торпедо располагают в верхней части заряда и вводят в торпеду с особой осторожностью, без сильного давления, нажима и толчков.

В удлиненных торпедах (у которых длина превышает 10 диаметров) допускается установка второго боевика в средней части.

Провода, выводимые из торпеды, должны быть без сращков, многожильные, медные, сечением не менее 0,75 мм, с резиновой или полихлорвиниловой оболочкой.

Резьба стяжных болтов и гаек по окончании всех операций по снаряжению торпеды должна быть тщательно очищена и только после этого можно плотно закрыть торпеду, оберегая проводники от повреждения.

Для полной герметизации ВВ поверх заряда накладывают слой смолы, вара или другого водонепроницаемого вещества, причем этот слой отделяют от заряда ВВ пергаментной бумагой.

Место вывода проводов электродетонаторов должно тщательно изолироваться.

Скважина к моменту опускания снаряженной торпеды должна быть соответствующим образом подготовлена, для чего необходимо:

- удалить из нее фильтр, если он был в ней установлен, и эрлифтные трубы;
- убедиться в отсутствии обвалов в скважине;
- прочистить и промыть скважину;
- освободить обсадные трубы и поднять их на высоту, гарантирующую от возможного повреждения при взрыве. Если последнее невозможно, то для защиты обсадных труб ограничивают вес взрываемых торпед, устраивают воздушные завесы, предохранительные пробки из твердых насыпных материалов или цемента.

Для снаряжения торпед следует применять плотные, наиболее мощные ВВ.

Для инициирования в зависимости от условий применяют как обычные, так и специальные электродетонаторы.

Снаряженная торпеда должна опускаться лебедкой в скважину равномерно, без толчков. Для спуска могут применяться металлические штанги, испытанные и достаточно вытянутые стальные тросы или пеньковые канаты.

На тросах и канатах, применяемых для опускания торпед, должна быть нанесена отметка, соответствующая нужной глубине погружения торпеды в скважину, показывающая предел их разматывания.

В случае взрывания торпеды не на дне скважины, а на определенной глубине, при опускании торпеды необходимо учитывать растяжение каната.

Электропровода от торпеды не должны привязываться к канату (тросу, штанге), на котором она опускается в скважину.

Торпеды должны опускаться в скважину в присутствии лица, ответственного за бурение или эксплуатацию скважины.

Если торпедирование используется для разрушения мощного пласта, то производится несколько последовательных взрывов, начиная снизу скважины.

При резком уменьшении дебита артезианских и водопонижающих скважин из-за закупорки фильтров (со стальными или латунными сетками) песчано-глинистыми отложениями, зарастания отверстий, коррозии и т.п. очистку фильтров следует производить путем взрыва специальных торпед из детонирующего шнура (ТДШ).

Длина ТДШ определяется длиной фильтра, требующего очистки, а мощность ее обычно не превышает двух нитей ДШ при стальных сетках и одной нити при латунных сетках.

При использовании ТДШ на глубинах до 50 м можно применять детонирующий шнур марки ДШ-А, а при глубине торпедирования более 50 м — детонирующий шнур марки ДШ-В в полихлорвиниловой оболочке.

В тех случаях, когда раздутие труб при их обрыве может воспрепятствовать демонтажу колонны, целесообразно применение специальных кумулятивных зарядов (рис. 6.9).

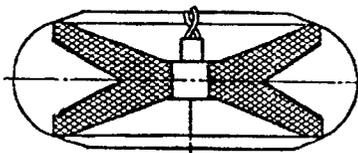


Рис. 6.9. Кумулятивный труборез

6.5. Перебивание металла и металлических конструкций

Взрывной способ перебивания металлических изделий применяют для разделки крупных металлических конструкций на более мелкие части, удобные для перемещения, и т.п.

Перебивание металла и металлических конструкций разрешается производить на особых площадках, в специально устроенных бронях или на полигонах, а также на месте их первоначального нахождения.

Для перебивания металла и металлических конструкций применяют методы наружных и шпуровых зарядов. Эти работы целесообразно производить с применением ВВ, обладающих большой мощностью и повышенной плотностью.

Наружные заряды применяют при перебивании фасонных или составных конструкций, металлических листов и плит толщиной не более 15 см.

При использовании наружных зарядов их масса:

$$Q = K_s S, \quad (6.15)$$

где K_s — расчетный удельный расход ВВ, г/см²;

S — площадь поперечного сечения перебиваемого предмета, см².

Значения K_s для различных материалов

Хрупкая, каленая сталь.....	18 – 20
Вязкая сталь.....	22 – 25
Серый чугун.....	12 – 14
Белый чугун.....	15 – 17

При резке металлических листов толщиной более 20 см масса заряда:

$$Q = 10hS, \quad (6.16)$$

где h — толщина листа, см.

В случае резки нескольких листов (полос) за h принимают их общую толщину с учетом заклепок.

Масса кольцевого заряда для резки (перебивания) стержней круглого сечения:

$$Q = 10D^3, \quad (6.17)$$

где D — диаметр стержня, см.

Вычисленный по формуле заряд должен иметь высоту не менее 2,5 диаметра стержня.

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

Заряд из порошкообразного ВВ должен быть помещен в оболочку из бумаги или материи и расположен по линии реза.

В качестве ВВ для разделки металла в воде рекомендуется применять шашки прессованного тротила или других мощных водоустойчивых ВВ.

При разделке фасонных частей конструкций каждый заряд плотно прижимают к ним деревянной пластинкой и вместе с ней привязывают шпагатом к взрываемой части конструкции.

Для резки корпуса судна и других конструкций из листовой стали вяжут фигурные заряды из шашек, располагаемых вдоль имеющих швов (заклепок или сварных швов). Практически при толщине стали менее 4 см на 1 см поперечного сечения реза расходуются 25 г тротила, при толщине стали более 4 см — 50 г. При перебивании листов брони вес ВВ удваивают.

Стальные стержни, блоки, тросы и т.п. перебивают двумя смещенными зарядами, располагаемыми с двух сторон перебиваемого предмета. Вес каждого из зарядов принимают из расчета 50 г на 1 см сечения при толщине до 4 см и 100 г — при толщине более 4 см. Взрывание зарядов мгновенное.

Якорные цепи перебивают одним зарядом, располагаемым на звене цепи.

Несколько наружных зарядов при перебивании фасонных конструкций взрывают мгновенно при помощи детонирующего шнура или электродетонаторов.

Наружные заряды должны быть по возможности прикрыты со всех сторон слоем земли, песка или глины.

Шпуровые заряды используют для перебивания конструкций толщиной более 15 см. Диаметр шпуров должен составлять 30–45 см. Глубина шпуров может изменяться от 1/2 до 2/3 толщины конструкции. При перебивании стальных конструкций глубина шпуров может приниматься равной 3/4 толщины конструкции.

Длина заряда составляет 0,7 глубины шпура. Расстояние между шпурами может изменяться в пределах 1–1,5 глубины шпуров, но должно быть не более 40 см.

ВВ закладывают на 0,7 глубины шпура, а оставшуюся часть шпура забивают сухим песком или глиной.

Предельное количество ВВ, взрываемого одновременно в бронях, устанавливается экспериментально.

Вес крышки для бронямы и ее конструкция должны исключать возможность сдвига или разрушения крышки при взрывах. Перед вводом в эксплуатацию бронямы, а также после ремонта или замены хотя бы части броневых плит крышки или стен броняма должна быть испытана на прочность путем троекратного взрывания зарядов удвоенной величины.

Стены ямы и перекрытия предпочтительно устраивать из стальных плит толщиной 15–20 см, но они могут быть также деревянными или бетонными.

Примечание. Обычно деревянные стены ямы выполняют в виде двух срубов из бревен диаметров 15–20 см. Пространство между срубами шириной не менее 0,7 м заполняют песком или землей. Стены обшивают с внутренней стороны броней из котельного железа толщиной 10 мм. Срубы перекрывают щитами из бревен диаметром 15–20 см и обшивают снизу котельным железом толщиной 10 мм.

Броневая яма может освещаться наружными прожекторами, рудничными аккумуляторными или предохранительными бензиновыми лампами, а также электрическими лампами при напряжении не выше 12 В. Перед началом заряжания электрическое освещение должно быть убрано из ямы, а дальнейшая работа должна производиться с использованием других указанных выше источников освещения.

Яма должна быть оборудована вентилятором, помещаемым вместе с пусковым приспособлением в специальную пристройку возле ямы.

Для обрыва ствола обсадных труб в скважинах используют кумулятивные герметичные труборезы ТКГ, техническая характеристика которых приведена в табл. 6.2. Зазор между корпусом ТКГ и стенкой трубы должен составлять не более 7,5 мм.

Разрушение долот, шарошек, переходников, находящихся в скважине, производится с помощью кумулятивных торпед осевого действия ТКО.

Таблица 6.2.

Техническая характеристика труборезов ТКГ

Показатель	Труборезы				
	ТКГ-45-500	ТКГ-55-500	ТКГ-85-500	ТКГ-110-500	ТКГ-135-500
Наружный диаметр, мм	45	55	85	110	135
Масса ВВ, кг	0,033	0,052	0,195	0,275	0,355
Максимально допустимая температура, °С	150	150	100	100	100
Условный диаметр перерезаемой трубы, мм	60	73	114	146	168
Перерезаемая труба	Насосно-компрессорная	Насосно-компрессорная	Обсадная	Обсадная	Обсадная

Примечание. Максимально допустимое гидростатическое давление труборезов 50 мПа.

Глава 7

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

7.1. Валка деревьев, корчевка пней

При валке деревьев взрывным способом применяют заряды, расположенные в подкопах, шпурах, или наружные заряды, плотно прикладываемые к взрываемому дереву. Существует два способа валки деревьев:

- с оставлением пня на месте;
- вместе с корнем.

Величина наружного заряда для перебивания ствола деревьев определяется по формуле:

$$Q = KD^2, \quad (7.1)$$

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

D — диаметр дерева, см.

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

При перебивании древесных стволов шпуровыми зарядами шпуры выбуривают механическими сверлами. Масса заряда в шпурах определяется по формуле:

$$Q = 0,2D^2. \quad (7.2)$$

При валке дерева вместе с корнем заряд ВВ помещают в подкопку (рис 7.1).

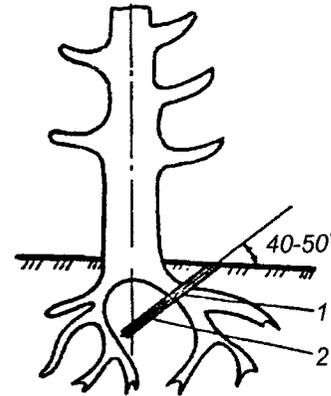


Рис.7.1. Взрывной способ валки деревьев вместе с корнем с помощью подкопки:
1 — шпур; 2 — заряд ВВ

Диаметр подкопки зависит от диаметра ствола дерева. Покопку деревьев с диаметром стволов до 30 см производят буровыми механизмами с диаметром бура 80 мм. При валке деревьев с диаметром стволов более 30 см диаметр бурового инструмента может достигать 150 мм. Масса заряда при этом рассчитывается по формуле (7.3):

$$Q = K_0 D,$$

где K_0 — удельный расход ВВ на 1 см диаметра ствола дерева;

D — диаметр ствола дерева, см.

Удельный расход ВВ на 1 см диаметра ствола дерева можно ориентировочно определить по табл. 7.1.

Определенный таким образом удельный расход ВВ уточняется опытным путем.

Следует отметить, что при валке деревьев с диаметром стволов более 1 м применяются две и более подкопки, выбуренные с противоположных сторон ствола. Заряды в этих подкопках взрываются одновременно детонирующим шнуром или электродетонаторами. При этом деревья падают в ту сторону, в которой помещен заряд ВВ.

Таблица 7.1.

Удельный расход ВВ на 1 см диаметра ствола дерева, см

Диаметр ствола, см	Свежая рубка (до 5 лет)			Давняя рубка		
	Щебнистый грунт с галькой	Суглинистый грунт	Торф	Щебнистый грунт с галькой	Суглинистый грунт	Торф
20–25	16/18	18/22	10/12	12/14	14/16	8/10
30–35	18/20	20/24	12/14	14/16	16/18	10/12
40–45	20/22	22/26	14/16	16/18	18/20	12/14
50–55	22/24	24/28	16/18	18/20	20/22	14/16
60–65	24/26	26/30	18/20	20/22	22/24	16/18
70–80	26/28	28/32	20/22	22/24	24/26	18/20

Примечание. В числителе приведены значения удельного расхода ВВ для мягких пород (сосна, ель, ольха, пихта, липа, тополь и т.п.), в знаменателе — для твердых (береза, бук, вяз, дуб, клен, ясень и т.п.)

На корчевку пней составляют паспорт буровзрывных работ. В нем даются схемы расположения и величины зарядов. Если корчевка ведется вблизи зданий и сооружений, на нее составляется проект.

Величина зарядов и глубина бурения зависят от породы дерева, давности рубки и толщины пня. Расположение заряда: при стелющейся системе корней (ель, ольха и др.) — под центром пня (рис. 7.2. а) при редькообразном корне (сосна, береза, дуб и др.) — у центра пня (рис. 7.2. б).

Для очистки площадей глубину подкопки принимают равной 1,5 диаметра пня при корчевке пней, 2 диаметрам — при заготовке древесины пней. При корчевке пней в каменистом грунте глубина подкопки может быть уменьшена на 15–20 %, в песке глубину подкопки увеличивают на 15–20 %. Если диаметр пня превышает 1 м, делают две подкопки или одну подкопку с прострелкой для образования котла и размещения сосредоточенного заряда.

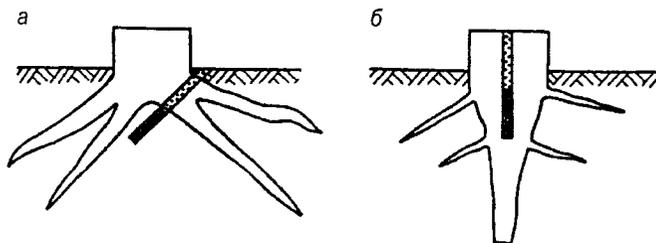


Рис. 7.2. Схема взрывной корчевки пней

Массу заряда (г) определяют по формуле:

$$Q = K_n \cdot d, \quad (7.4)$$

где K_n — удельный расход ВВ в граммах на 1 см диаметра пня (табл. 7.2);

d — диаметр пня, мм.

Если производится очистка от пней на больших площадях и параллельно работает несколько бригад взрывников, расстояние между ними должно составлять не менее 300 м, что должно быть показано на ситуационном плане. Взрывание при корчевке пней огневое.

Таблица 7.2.

Удельный расход ВВ на 1 см диаметра пня, г.

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

Примечание. Значение удельного расхода ВВ следует уточнять опытным путем.

При корчевке пней диаметром более 1 м и при наличии мощных стержневых корней заряды располагают в двух подкопках, выбуренных с противоположных сторон пня. Такие заряды следует взрывать одновременно детонирующим шнуром или электродетонаторами. Взрывание может производиться при одной подкопке, но с предварительным простреливанием. При корчевке пней, расположенных на косогоре, заряд (подкопа) должен располагаться с нагорной стороны.

При корчевке пней вблизи зданий и сооружений подкопку ведут со стороны зданий. Величина заряда в этом случае должна быть уменьшена на 1/3 против расчетной.

Таблица 7.3.

Расчетная масса заряда ВВ (кг/пень)

Грунты	Диаметр пня, см	Глубина подкопов, см	Мягкие породы		Твердые породы	
			Свежая рубка	Давняя рубка	Свежая рубка	Давняя рубка
Суглинки, глины, супеси	20–29	30	0,36	0,28	0,45	0,32
	30–39	45	0,6	0,48	0,7	0,48
	40–49	60	0,9	0,7	1	0,8
	50–59	75	1,2	1	1,4	1,1
	60–69	90	1,5	1,3	1,8	1,4
	70–80	110	2	1,7	2,3	1,8
Щебенистые с галькой	20–29	30	0,32	0,24	0,36	0,28
	30–39	45	0,54	0,42	0,6	0,45
	40–49	60	0,8	0,64	0,9	0,7
	50–59	75	1	0,9	1,2	1
	60–69	90	1,3	1,2	1,5	1,3
	70–80	110	1,8	1,6	2	1,7
Торфы	20–29	30	0,2	0,16	0,24	0,2
	30–39	45	0,36	0,3	0,42	0,36
	40–49	60	0,55	0,48	0,6	0,56
	50–59	75	0,8	0,7	0,9	0,8
	60–69	90	1,1	1	1,2	1,1
	70–80	110	1,4	1,3	1,6	1,4

Если пни расположены близко один к другому и корни их тесно переплетаются, все заряды под пнями взрывают одновременно.

При размещении зарядов в шпурах, пробуренных непосредственно в древесине пней, величину зарядов определяют из расчета 7,5–10 г аммонита на 1 см диаметра пня.

Шпуры высверливают по оси пня вертикально или наклонно. В том и другом случаях дно шпура должно совпадать с осью пня, а глубина шпура должна быть равна двум диаметрам пня.

7.2. Взрывные рубки при тушении лесных пожаров

Взрывные работы с целью тушения пожаров производятся в случаях, когда обычные средства пожаротушения называются неэффективными. Обычно это имеет место при тушении лесных пожаров.

Для создания заградительных полос при локализации лесных пожаров используются специальные шланговые заряды аммонита ПЖВ – 20 диаметром 36 – 38 мм и длиной 10 м в бухтах, уложенных в мешки. Располагаются такие заряды на поверхности земли. Время нахождения шланговых зарядов в воде не более 1 часа.

Часть 3

РАСЧЕТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

2.1. Основные понятия

Взрывом называют физическое или химическое превращение вещества, при котором его энергия быстро переходит в энергию сжатия и движения самого вещества или продуктов его превращения и окружающей среды.

Химический взрыв — самораспространяющееся химическое превращение вещества, протекающее с большой скоростью, выделением тепла и образованием газов, сжатых до высокого давления.

Детонация — частный случай взрыва, осуществляемого с постоянной, максимальной для данного вещества скоростью. Детонационная волна отличается от ударной тем, что в ней осуществляется химическая реакция, в ходе которой внутренняя энергия газов возрастает. Общая энергия ВВ может быть рассчитана, исходя из выражения:

$$E_{\text{общ}} = \frac{NRT}{\gamma - 1},$$

где N — число молекул в газах взрыва;
 R — газовая постоянная;
 T — температура взрыва в градусах Кельвина;
 $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — отношение удельных теплоемкостей газов взрыва;
 C_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении;
 C_v — удельная теплоемкость при постоянном объеме.

Величины найденных экспериментально значений γ для продуктов взрыва:

- тротила большей плотности — 1,23;
- насыпного тротила — 1,24;
- прессованного тэна — 1,21;
- нитроглицерина — 1,19.

Температура разогрева T (в градусах Кельвина) газа с исходными параметрами P_0 и T_0 при сжатии до давления P в предположении адиабатического процесса:

$$T = T_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \quad (84)$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — отношение удельных теплоемкостей продуктов взрыва.

Взрыв представляет собой выделение большого количества энергии в ограниченном объеме за очень короткий промежуток времени. Наиболее существенными признаками взрыва являются:

- экзотермичность процесса;
- большая скорость распространения;
- наличие газообразных продуктов под большим давлением.

Давление газов взрыва, приложенное к стенкам зарядной камеры, передается в другие точки среды в форме ударной волны, возникающей на границе раздела двух сред: ВВ — среда (рис. 2.1).

Ударной волной называется мгновенное возмущение среды, параметры состояния вещества на фронте которой меняются скачкообразно, а скорость его распространения превышает скорость звука в данной среде. Распространение ударной волны связано со значительными потерями энергии и физически возможно лишь до тех пор, пока давление на фронте ударной волны превышает модуль объемного сжатия среды, которая переходит в текучее состояние.

Практически область распространения ударной волны ограничена 3–7 радиусами заряда. В дальнейшем в среде наблюдается переход ударной волны в волну сжатия. Волной сжатия называется неупругое возмущение среды, параметры которой изменяются достаточно плавно, скорость распространения возмуще-

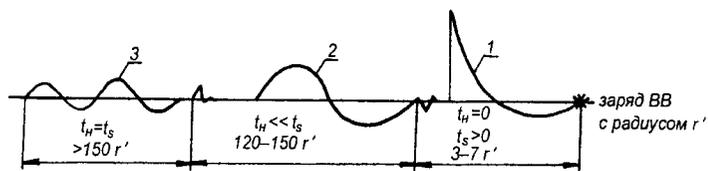


Рис. 2.1. Зоны распространения ударных волн (1), волн сжатия (2) и сейсмических волн (3):

t_S — время спада напряжений от max до 0;
 t_H — время нарастания напряжений от 0 до max;
 r' — радиус заряда

ния равна скорости звука в данной среде, а время выведения вещества из состояния покоя всегда меньше времени возвращения его к этому состоянию.

В области распространения волн сжатия среда ведет себя неупруго, в ней возникают остаточные деформации, ведущие к нарушению сплошности строения среды.

Зона распространения этих деформаций охватывает объем до 120–150 радиусов заряда. По мере дальнейшего распространения в среде волны сжатия наблюдается ее переход в сейсмическую волну. Сейсмической волной называется упругое возмущение среды, скорость которой равна скорости звука в данной среде, а время упругого возмущения вещества равно времени его возвращения к состоянию покоя.

Область распространения упругих колебаний обычно определяется общей массой заряда и упруго-пластическими свойствами среды и превышает 150 радиусов заряда.

2. Основные параметры воздушной ударной волны:

а) при воздушном взрыве тротилового заряда избыточное давление на фронте ударной волны, мПа

$$\Delta P_\phi = 0,084 \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{R^2} + 0,7 \frac{Q}{R^3} \quad (85)$$

Продолжительность фазы сжатия, с

$$\tau_+ = 1,5 \cdot 10^{-3} \sqrt[3]{Q} \cdot \sqrt{R} \quad (86)$$

Импульс давления в фазе сжатия (мПа·с), отнесенный к поверхности фронта волны площадью 1 м²

$$i = 4 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{R} \quad (87)$$

б) при наземном взрыве тротилового заряда

$$\Delta P_\phi = 0,1 \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} + 0,43 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{R^2} + 1,4 \frac{Q}{R^3} \text{ мПа}; \quad (88)$$

$$\tau_+ = 1,7 \cdot 10^{-3} \sqrt[3]{Q} \cdot \sqrt{R}; \quad (89)$$

$$i = 6,3 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{R} \quad (90)$$

в) при взрыве в штольне сечением S м² неограниченной длины

$$\Delta P_\phi = 0,146 \frac{\sqrt[3]{Q}}{SR} + 0,92 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{S^2 R^2} + 4,4 \frac{Q}{S^1 R} \text{ мПа}, \quad (91)$$

где Q — масса тротилового заряда, кг;
 R — расстояние от центра взрыва, м.

При подходе волны напряжения к границе раздела полупространства происходит отражение прямой волны сжатия и ее преобразование в отраженную волну растяжения, которая распространяется от центра мнимого заряда (зеркально отраженного заряда). Коэффициент полезного действия взрыва обычно составляет 4–5%.

Разрушающие давления воздушной ударной волны приведены в табл. 2.1.

Пример 1. На почве выработки сечением в свету 10 м² взорван заряд аммонита №6 ЖВ массой 0,3 кг. Выработка закреплена металлическими арками на расстоянии 1,5 м друг от друга с затяжкой боков и кровли железобетонными плитами. На расстоянии 10 м от места взрыва расположен ходовой восстающий. Какое влияние окажет взрыв на крепь выработки и оборудование восстающего, если допу-

Таблица 5

Объект	Давление, кПа	Характер разрушения
Бетонная противопожарная перемычка толщиной 0,25 м	80–100	Полное разрушение
Кирпичная (шлакоблочная) перемычка толщиной 0,24–0,36 м	40–50	Полное разрушение
Оборудование массой до 1 т (лебедки, вентиляторы)	40–60	Смещение с фундамента, опрокидывание, поломка
Вагонетки, расположенные торцевой стороной к направлению действия в. у. д	140–250	Сбрасывание с рельсов, общая деформация кузова и рамы.
Вагонетки, расположенные боковой стенкой к направлению действия в. у. д	45–75	То же
Пролоходческие машины	125–240	Опрокидывание, деформация и повреждение деталей.
Водо-воздуховоды, подвешенные к стенке выработки	30–50	Деформация и поломка в результате обрыва крепления
Водо-воздуховоды, уложенные на почве выработки	120–200	Деформация и поломка трубопровода
Арочная крепь	150–200	Деформация арок, поломка забутовки
Органичная крепь	140–180	Перелом стоек
Ходовые восстающие	80–120	Повреждение полков, лестниц
Контактный провод	80–140	Обрыв, деформация
Вентиляционный трубопровод	30–40	То же
Деревянные вентиляционные перемычки, двери	20–40	Полломка досок и стоек
Электрооборудование	15–20	Деформация, поломка

стимое давление на фронте воздушной ударной волны для арочной крепи равно 150 кПа, а для восстающего — 80 кПа.

Решение. 1. Приведенная к тротилу масса заряда ВВ

$$Q = Q_1 q_1 / q = 0,3 \cdot 3561 / 4186,8 = 0,255 \text{ кг},$$

где $Q_1 = 0,3 \text{ кг}$ — масса заряда аммонита №6 ЖВ, кг;
 $q_1 = 3561 \text{ Дж/кг}$ — удельная теплота взрыва аммонита №6 ЖВ;
 $q = 4186,8 \text{ Дж/кг}$ — удельная теплота взрыва тротила.

2.2. Влияние взрыва на крепь выработки

Избыточное давление на фронте воздушной ударной волны:

$$\Delta P_\phi = 0,146 \frac{\sqrt[3]{Q}}{SR} + 0,92 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{S^2 R^2} + 4,4 \frac{Q}{SR}, \quad (92)$$

где Q — приведенная к тротилу масса заряда ВВ, кг;
 S — сечение выработки в свету, м²;
 R — расстояние от места взрыва, м.

Если заряд ВВ расположен около арки крепи, давление на фронте воздушной ударной волны следует рассчитать на расстояниях 1,5 и 3 м от места взрыва. Если заряд ВВ расположен между арками крепи, расстояние надо принять 0,75 и 2,25 м.

Результаты расчета:

$$R = 0,75 \text{ м} \quad \Delta P_\phi = 293,4 \text{ кПа}$$

$$R = 1,5 \text{ м} \quad \Delta P_\phi = 173 \text{ кПа}$$

$$R = 2,25 \text{ м} \quad \Delta P_\phi = 105,5 \text{ кПа}$$

При допустимом давлении 150 кПа повреждение от взрыва могут получить 2–3 арки крепи.

3. Влияние взрыва на оборудование восстающего.

Избыточное давление на фронте воздушной ударной волны на расстоянии 10 м от места взрыва составляет 48,3 кПа, что меньше допустимого 80 кПа. Следовательно, оборудование восстающего от взрыва заряда ВВ не пострадает.

2.3. Взрывы в плотной среде

На рис. 2.2, 2.3 приведены результаты теоретических исследований параметров взрыва в упругой среде. В шаровой полости радиусом r' мгновенно создается давление P_0 .

На рис. 2.2 приведены графики изменения во времени давления P , величины смещения частиц u , скорости частиц U , ускорения a и относительной деформации среды ϵ на расстоянии $R = 2r'$ от центра сферы. Как видно из рис. 2.2 (б) смещение частиц не является

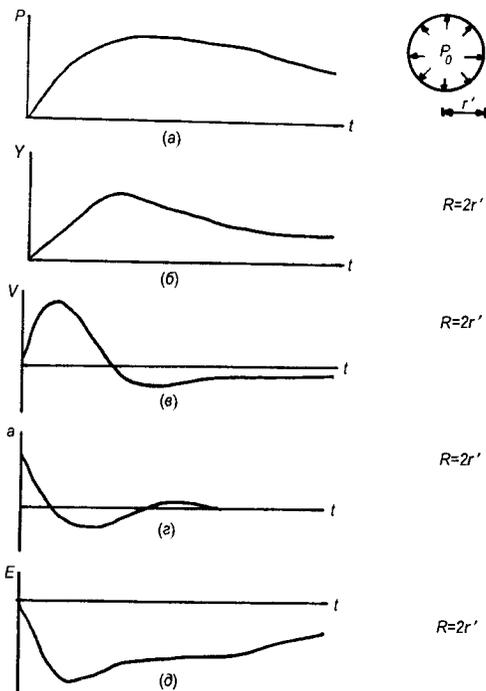


Рис. 2.2. Характеристики ударной волны вблизи взрываемого заряда:

- а — график давления; б — график смещения;
 в — график скорости; г — график ускорения;
 д — график относительной деформации породного массива.

гармоническим колебанием. Имеется только цикл сжатия среды, который постепенно снижается до нуля. Кривая изменения скорости рис. 2.2 (в) похожа на сильно затухающее колебание с одним периодом. Такой же вид имеет и кривая изменения ускорения рис. 2.2 (г).

Вследствие того, что фронт ударной волны искривлен, кривая изменения относительной деформации рис. 2.2 (д) резко отличается от кривой изменения скорости рис. 2.2 (в). На рис. 2.3 представлены те же кривые, что и на рис. 2.2, но на расстоянии значительно удаленном от центра сферы ($R \gg r'$).

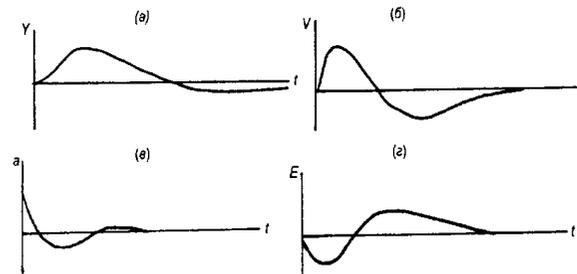


Рис. 2.3. Характеристики ударной волны на большом расстоянии от взрываемого заряда:

- а — график смещений; б — график скоростей;
 в — график ускорений; г — график относительных деформаций породного массива.

Фронт ударной волны на этом расстоянии становится плоским, что объясняет соответствие кривых изменения скорости рис. 2.3 (б) и относительной деформации рис. 2.3 (г). Все кривые рис. 2.3 в большей степени, чем на рис. 2.2 напоминают колебательное движение. В настоящее время теоретически невозможно предопределить параметры движения породы вызванного взрывом. Необходимы эксперименты; набор экспериментальных кривых изменения ускорения со временем приведен на рис. 2.4 (а), (б), (в).

Обобщение экспериментальных данных целесообразно вести в безразмерных характеристиках на основе П теоремы. В соответствии с этой теоремой, если независимые параметры представить в безразмерных характеристиках, то получаемые безразмерные характеристики зависимых переменных тоже будут равны.

При исследовании взрыва обычно вводят параметр $Q^{1/3}$, где Q — масса заряда. Это объясняется следующим образом. Пусть в полости объемом V_a взрывается заряд, объемом V_d . Это равноценно внезапному приложению давления P_d в объеме V_d .

Очевидно, что

$$Q = V_d \rho, \quad (93)$$

где Q — масса заряда;
 ρ — плотность заряда.

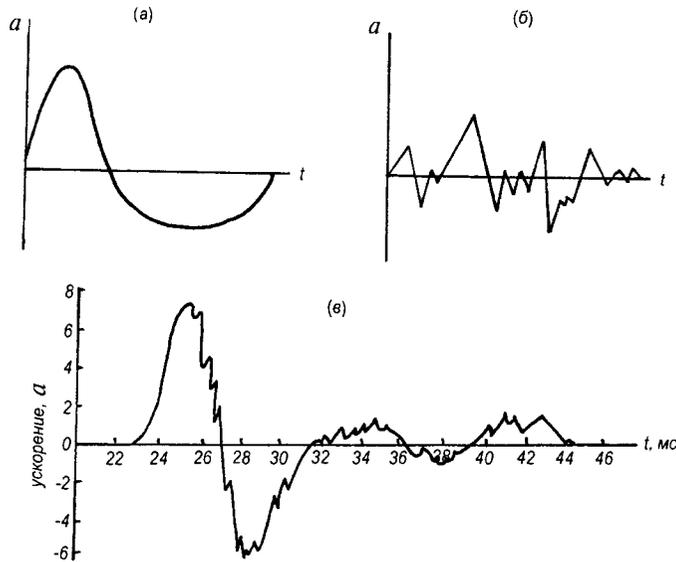


Рис. 2.4. Ускорение частиц при взрыве заряда в породе:
 а — регулярная составляющая;
 б — случайная составляющая;
 в — типичный график по данным замеров.

Таким образом, $Q \sim V_d$, а $Q \sim d$ (линейному размеру). Приводим безразмерные характеристики, используемые при моделировании взрыва

$$\Pi_1 = R / V_d^{1/3} = R / Q^{1/3}$$

$$\Pi_2 = \varepsilon$$

$$\Pi_3 = d / Q^{1/3}$$

$$\Pi_4 = a Q^{1/3} / C_p^2,$$

- где R — расстояние от центра заряда;
 ε — относительная деформация;
 d — смещение частиц породы;
 Q — масса заряда;
 a — ускорение частиц;
 C_p — скорость продольной волны в породе.

Для абсолютно упругой среды выражение для Π_4 не имеет места.

В общем виде пользуются выражением

$$\Pi = f(R/Q^{1/3}, \theta, C_p t / Q^{1/3}, Z/Q^{1/3}, P / (\rho C_p^2), U_d / C_p), \quad (94)$$

- где θ — угол к горизонтали линии от заряда к точке, в которой ведется расчет;
 Z — глубина расположения заряда от поверхности;
 P — наибольшее давление во взрывной камере;
 ρ — плотность порода;
 U_d — скорость детонации заряда.

На рис. 2.5 приведены результаты взрывов зарядов от 5 кг до 150 т, выраженных в тротиловом эквиваленте. Смещение пород замерялись с помощью датчиков ускорений и датчиков абсолютной и относительной деформации.

Тротиловым эквивалентом заряда ВВ называется масса заряда Q , при взрыве которого выделяется та же энергия, что и при взрыве данного ВВ массой Q_1 :

$$Q = Q_1 q_1 / q, \quad (95)$$

где q_1 — удельная теплота взрыва заряда данного ВВ;
 q — удельная теплота взрыва тротила, равная 4186,8 кДж/кг.

Теплота взрыва в кДж/кг некоторых ВВ, применяемых в горной промышленности, приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Граммонит 79/21	4285
Грапулит АС-8	5191
Аммонит №6 ЖВ	3561
Аммонит скальный № 1	4420

График для скальных пород может быть представлен уравнением

$$a Q^{1/3} / C_p^2 = 0,05 (Q^{1/3} / R)^{3,9}, \quad (96)$$

где Q дано в кг ТНТ;
 C_p — скорость продольной волны в м/с;
 R — расстояние в метрах.

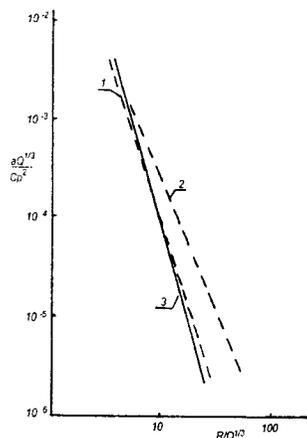


Рис. 2.5. Эмпирическая зависимость ускорения в породе от расстояния до взрыва:

- 1 — по уравнению (97);
- 2 — мягкая порода;
- 3 — твердая порода.

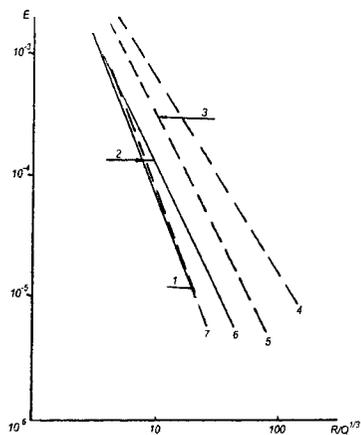


Рис. 2.6. Эмпирическая зависимость относительной деформации породы от расстояния до взрыва:

- 1 — по уравнению (98);
- 2 — твердые породы;
- 3 — мягкие породы;
- 4 — сланец; 5 — мел;
- 6 — гранит; 7 — песчаник.

На основе экспериментальных данных по замеру относительных деформаций (рис. 2.6), показатель степени 3,9 в уравнении (96) следует изменить на 3,5. В связи с этим выражение для наибольшего радиального ускорения частиц породы имеет вид:

$$a = 0,03 Q^{0,83} R^{-3,5} C_p^2, \quad (97)$$

где Q дано в кг ТНТ;
 C_p — в м/с;
 R — в метрах.

Зависимость (97) нанесена на рис. 2.5 пунктиром. Видна высокая степень сходимости результатов. Выражение для относительной деформации имеет вид:

$$\epsilon = 0,024 Q^{0,83} R^{-2,5}. \quad (98)$$

Принимая во внимание, что

$$\epsilon = \sigma / E = U / C_p, \quad (99)$$

получим для скорости частиц:

$$U = 0,024 Q^{0,83} R^{-2,5} C_p, \quad (100)$$

где Q выражено в кг ТНТ;

C_p — в м/с;

R — в метрах.

Соответствующим образом получается формула для смещения частиц породы:

$$d = 0,0008 Q^{0,83} R^{-1,5}, \text{ м.} \quad (101)$$

Пример 1. Определить наибольшее радиальное ускорение, скорость и относительную деформацию в породном массиве на расстоянии 600 и 1800 м от места взрыва заряда ТНТ массой 50 т, если скорость продольной волны в массиве равна 4900 м/с.

Решение. 1. Ускорение в породном массиве определяется по формуле (97):

$$a = 0,03 Q^{0,83} R^{-3,5} C_p^2.$$

В нашем случае:

$$a_1 = 0,03 \cdot 50000^{0,83} \cdot 600^{-3,5} \cdot 4900^2 = 1,1 \text{ м/с}^2;$$

$$a_2 = 0,03 \cdot 50000^{0,83} \cdot 1800^{-3,5} \cdot 4900^2 = 0,023 \text{ м/с}^2.$$

2. Скорость смещения породного массива определяется по формуле (100)

$$U = 0,024 Q^{0,83} R^{-2,5} C_p \text{ м/с}$$

В нашем случае:

$$U_1 = 0,024 \cdot 50000^{0,83} \cdot 600^{-2,5} \cdot 4900 = 0,1 \text{ м/с};$$

$$U_2 = 0,024 \cdot 50000^{0,83} \cdot 1800^{-2,5} \cdot 4900 = 0,007 \text{ м/с}.$$

3. Смещение породного массива определяется по формуле (101):

$$d = 0,0008 Q^{0,83} R^{-1,5} \text{ м.}$$

В нашем случае:

$$d = 0,0008 \cdot 50000^{0,83} \cdot 600^{-1,5} = 0,0004 \text{ м};$$

$$d = 0,0008 \cdot 50000^{0,83} \cdot 1800^{-1,5} = 0,00008 \text{ м.}$$

4. Относительная деформация породного массива определяется по формуле (98):

$$\varepsilon = 0,024 Q^{0,83} R^{-2,5}.$$

В нашем случае:

$$\varepsilon_1 = 0,024 \cdot 50000^{0,83} \cdot 600^{-2,5} = 0,00002;$$

$$\varepsilon_2 = 0,024 \cdot 50000^{0,83} \cdot 600^{-2,5} = 0,000001.$$

Эффект взрыва ВВ на земной поверхности и заключенного внутри породного массива находится в прямой зависимости от количества энергии, переданной породе взрывом в обоих случаях. Величина энергии, переданной породе за единицу времени на единицу поверхности, равна произведению давления на скорость перемещения фронта ударной волны:

$$W = PU = P \left[\frac{(\sigma' - \sigma'')(\rho' - \rho'')}{\rho' \rho''} \right]^{0,5}$$

или

$$W = P \left[\frac{(\sigma' - \sigma'')(1-n)}{\rho' n} \right]^{0,5}, \quad (102)$$

где ρ' — плотность среды впереди фронта ударной волны;
 ρ'' — то же позади фронта ударной волны;
 P — давление внутри ударной волны;
 U — скорость перемещения фронта ударной волны;
 σ' — напряжение или давление в среде впереди фронта ударной волны;
 σ'' — то же позади фронта ударной волны;
 $n = \rho' / \rho''$ — степень сжатия среды под давлением ударной волны.

Давление на фронте ударной волны в породе и в воздухе можно принять одинаковым. Тогда отношение количеств энергии, переданных в воздух W_a и в породе W_r , будет:

$$\frac{W_a}{W_r} = \left[\frac{\rho_r}{\rho_a} \left(\frac{n-1}{n} \right)_a \cdot \left(\frac{n}{n-1} \right)_r \right]^{0,5}. \quad (103)$$

Подсчеты показывают, что только около 1 % энергии поверхностного взрыва передается в породу и 99 % — в воздух. Замеры дают от 5 до 9 % (в среднем 6 %) энергии поверхностного взрыва, передаваемых породе.

Если принять, что 16 % энергии подземного взрыва ядерного заряда передается породе, а расход ВВ считать в килотоннах ТНТ, то можно получить расчетные данные для подземных ядерных взрывов

$$a = 5650 Q^{0,83} R^{-3,5} C_p^2 \text{ м/с}^2; \quad (104)$$

$$\varepsilon = 47,3 Q^{0,83} R^{-2,5}; \quad (105)$$

$$U = 47,3 Q^{0,83} R^{-2,5} C_p \text{ м/с}; \quad (106)$$

$$d = 15,9 Q^{0,83} R^{-1,5} \text{ м}, \quad (107)$$

где Q — в кг, R — в метрах и C_p — в м/с.

На рис. 2.7 приведен результат одного из подземных ядерных взрывов. Радиус образуемой полости

$$R_S = 0,08 C Q^{1/3} / (\rho Z)^{1/4}, \quad (108)$$

где C — параметр, зависящий от свойств породы; ($C = 760$ для крепких пород при скорости продольной волны 5520 м/с и $C = 965$ для мягких пород со скоростью продольной волны 2560 м/с);

Q — масса заряда, кг;

ρ — средняя плотность пород, т/м³;

Z — глубина заложения заряда, м.

Средняя высота разрушенных (и обрушенных) пород над центром заряда

$$H = 4,9 R_S. \quad (109)$$

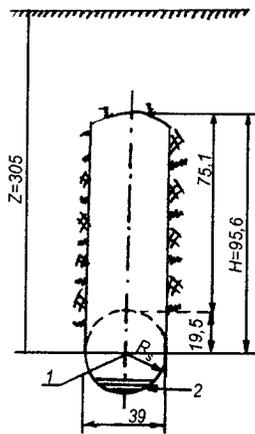


Рис. 2.7. Промышленное использование ядерного взрыва:
1 — центр взрыва (5 кт заряда);
2 — радиоактивная оплавленная порода

Радиоактивность в основном содержится в расплавленной массе породы. Незначительная радиоактивность наблюдается за пределом образуемой полости.

Пример 2. Ядерный заряд массой 5 кт взорван на глубине 305 м от поверхности, плотность пород 2,7 т/м³, скорость продольной волны в породе 4880 м/с, разрушающая относительная деформация 0,0005. Опасная скорость смещения 0,915 м/с.

Решение. 1. Из уравнения (108):

$$R_s = 19,5 \text{ м.}$$

2. Из уравнения (109):

$$H = 4,9R_s = 4,9 \cdot 19,5 = 95,6 \text{ м.}$$

3. Объем обрушенной породы:

$$V = \pi R_s^2 (H - R_s) = 3,14 \cdot 19,5^2 (95,6 - 19,5) = 9,1 \cdot 10^4 \text{ м}^3.$$

4. Масса обрушенной породы:

$$m = V \rho = 9,1 \cdot 10^4 \cdot 2,7 = 245,7 \cdot 10^3 \text{ т.}$$

5. Радиус опасной зоны для ответственных сооружений на поверхности из уравнения (106):

$$R_{(V=0,915 \text{ м/с})} = (47,3/0,915 \cdot 5^{0,83} \cdot 4880)^{1/2,5} = 247 \text{ м.}$$

6. Радиус опасной зоны для подземных выработок из уравнения (105):

$$R_{II} = (47,3/\epsilon Q^{0,83})^{1/2,5};$$

$$R_{II} = (47,3/0,0005 \cdot 5^{0,83})^{1/2,5} = 167 \text{ м.}$$

При взрыве на поверхности земли отношение скорости смещения породы к скорости движения частиц воздуха должно быть равно обратному отношению их плотностей. Отношение кинетических энергий пропорционально квадрату скоростей и, следовательно, обратно пропорционально квадрату отношения плотностей.

При взрыве высокое давление и температура газов вызывает разложение породы так, что для прогнозирования изменения давления может быть использована гидродинамическая теория.

Удар взрывной волны в землю распространяется в форме расширяющегося конуса с углом при вершине около 90°. При этом диспергируемые частицы породы выбрасываются из воронки.

Давление снижается до величины, при которой гидродинамическая теория уже не применима. Порода разрушается в твердом состоянии и остается на месте. Затем образуется зона пластической деформации и, наконец, упругих деформаций. Граница разрушения определяется прочностью породы в полуограниченном пространстве, которая значительно выше, чем прочность в образцах при лабораторных испытаниях.

В области гидродинамического состояния породы давление обратно пропорционально кубу расстояния. В зоне упругих деформаций давление падает с расстоянием только из-за сферического расширения фронта волны. В зоне пластических деформаций радиальное давление изменяется обратно пропорционально расстоянию в степени 1,5. Следовательно, в крепкой породе будет более высокое давление.

При взрыве ВВ в скважине начальное давление газов составляет около $7 \cdot 10^3$ МПа. Величина детонаци-

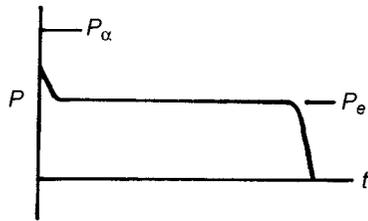


Рис. 2.8. Характеристики взрыва в породном массиве

онного давления приблизительно может быть рассчитана по формуле:

$$P_g = \rho \frac{U_d^2}{4},$$

где ρ — плотность ВВ;
 U_d — скорость детонации.

Детонационное давление быстро падает примерно на половину и последнее называется давлением взрывных газов P_e , которое падает с расширением объема скважины и исчезает при выходе газов в атмосферу (рис. 2.8).

Ударное давление газов передается окружающей скважину породе. Давление газов обычно значительно выше статической прочности образцов породы, но время действия давления мало.

В породе возникают растягивающие напряжения, что приводит к образованию радиальных трещин до тех пор, пока это напряжение не сравняется с динамической прочностью породы на растяжение. Образованию трещин способствует и расклинивающее действие радиального напряжения.

Растягивающие напряжения возникают и в результате отражения взрывной волны от свободной поверхности. Величина возникающих напряжений определяется выражением (70):

$$\sigma_r = \sigma_i (1-n)/(1+n).$$

Откольное действие отраженной взрывной волны показано на рис. 2.9. По мере движения волны напряжений от взрыва по сферической поверхности, кинетическая энергия ее будет сосредоточена в поверхностном слое сферы толщиной, равной длине волны.

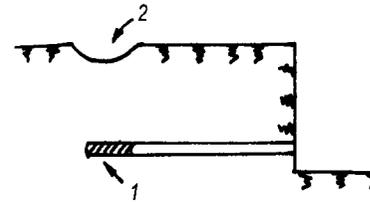


Рис. 2.9. Пример откольного действия взрывной волны: 1 — заряд ВВ; 2 — воронка выброса.

Соответственно, с ростом расстояния от центра сферы ее поверхность возрастает пропорционально R^2 . Примерно в таком же отношении будет снижаться и величина напряжений на фронте волны.

Для цилиндрического заряда, который детонирует мгновенно, волна напряжения будет двигаться по поверхности расширяющегося цилиндра. Величина напряжения с увеличением радиуса цилиндра будет убывать пропорционально поверхности цилиндра, т. е. R , а не R^2 , как имеет место при взрыве шарового заряда.

Таким образом, разрушение породы от цилиндрического заряда будет на большем расстоянии, чем от шарового. В реальных условиях цилиндрический заряд детонирует не мгновенно. На рис. 2.10 (а) цилиндрический заряд разделен на 6 частей.

Если детонация начинается с 1 порции, то давление газов будет нарастать снизу вверх и напряжение в точке А будет выше, чем в точке В. При детонации сверху вниз давление в точке В будет выше, чем в точке А, что может иметь практическое значение при взрыве крепкой породы. Влияние одновременного взрыва скважин в трехмерном пространстве показано на рис. 2.10 (б).

Роль забойки скважины сводится к увеличению времени давления взрывных газов до выхода их в ат-

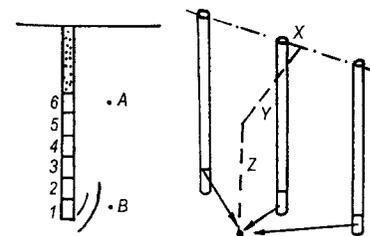


Рис. 2.10. Взрыв цилиндрического заряда: а — влияние порядка детонации; б — влияние совместного взрыва скважин.

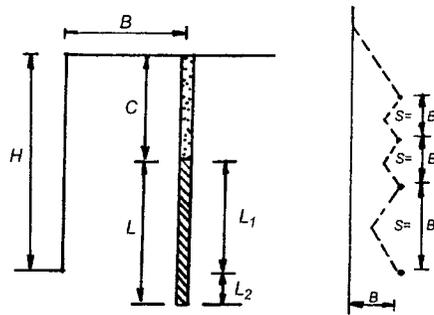


Рис. 2.11. Основные параметры скважинной отбойки: B — ЛНС; C — длина забойки; H — высота уступа; L_1 — длина заряда; L_2 — перебур скважины; S — расстояние между скважинами в ряду.

моферу (увеличению импульса давления — P_{dt}). Параметры скважинной отбойки даны на рис. 2.11.

Оптимальные параметры расположения взрывных скважин определяются опытным путем. На новом участке рекомендуется начинать с параметров, приведенных на рис. 2.11. Здесь $B = 0,5H$; $C = B$; $L_1 = 0,5H$; $L_2 = 0,1H$; $S = (1 + 2)B$.

Передача давления от взрыва ВВ породе

Согласно теории распространения волн соотношение между давлением детонации и давлением (напряжением) в твердой среде имеет вид:

$$\sigma_t = \frac{2\sigma_i}{1+n} \quad (69)$$

или

$$P_{ТВ} = \frac{2(\rho_{ТВ} C_{ТВ}) P_{\partial}}{\rho_{ТВ} C_{ТВ} + \rho_0 U_{\partial}}$$

где $\rho_{ТВ}$ — плотность твердого тела;
 $C_{ТВ}$ — скорость продольной волны в твердом теле;
 P_{∂} — детонационное давление ВВ;
 ρ_0 — плотность ВВ;
 U_{∂} — скорость детонации ВВ.

В случае идеальной детонации

$$P_{ТВ} = \frac{2KU_{\partial} \cdot \rho_0 U_{\partial} \cdot \rho_{ТВ} C_{ТВ}}{\rho_{ТВ} C_{ТВ} + \rho_0 U_{\partial}}$$

где $\rho_{ТВ} C_{ТВ}$ — характеристической импеданс твердой среды;

$\rho_0 U_{\partial}$ — детонационный импеданс ВВ.

ВВ, у которого $\rho_0 U_{\partial}$ приближается к $\rho_{ТВ} C_{ТВ}$, передает породе наибольший процент имеющейся в наличии энергии. В самом деле при $\rho_0 U_{\partial} = \rho_{ТВ} C_{ТВ}$, получаем $P_{ТВ} = P_{дет}$.

Пример 1. Заряд ВВ плотно прилегает к стенкам скважины. Определить напряжение в горной породе, вызванное взрывом ВВ в условиях, приведенных в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Плотность ВВ в скважине, кг/м ³	1000
Диаметр скважин, мм	200
Объемная масса руды, т/м ³	3,5
Крепость руды по М.М. Протодадьконову	8-10

Решение. I. Расчетная схема приведена на рис. 2.12.

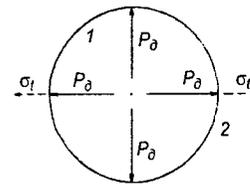


Рис. 2.12. Расчетная схема
 1 — заряд ВВ;
 2 — порода.

1. Напряжение в горной породе, вызванное взрывом ВВ, имеет вид:

$$\sigma_t = \frac{2P_{\partial}}{1 + \frac{U_{\partial} \rho_0}{C_p \rho}} = \frac{2P_{\partial} C_p \rho}{C_p \rho + U_{\partial} \rho_0}$$

где P_{∂} — детонационное давление ВВ;
 U_{∂} — скорость детонации ВВ;
 C_p — скорость ударной волны в породе;
 ρ — плотность породы;
 ρ_0 — плотность ВВ.

2. Детонационное давление:

$$P_d = \frac{\rho_0 U_d^2}{4}, \quad (110)$$

где ρ_0 — плотность ВВ, кг/м³;
 U_d — скорость детонации ВВ, м/с.

$$P_d = 1100 \cdot \frac{4000^2}{4} = 4,4 \cdot 10^9 \text{ Па} = 4,4 \cdot 10^3 \text{ МПа}.$$

3. Напряжение в горной породе, вызванное взрывом ВВ в скважине:

$$\sigma_r = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 10^3 \cdot 6000 \cdot 2600}{6000 \cdot 2600 + 4000 \cdot 1100} = 6,85 \cdot 10^3 \text{ МПа}.$$

Влияние радиального зазора между зарядом ВВ и стенкой скважины на давление, передаваемое породе при взрыве (рис. 2.13).

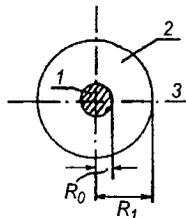


Рис. 2.14. Заряд ВВ в скважине с радиальным зазором:

- 1 — заряд ВВ;
- 2 — воздушный промежуток;
- 3 — породный массив.

Допускаем, что давление P в полости при $R_1 > R_0$, где R_0 — радиус заряда ВВ и R_1 — радиус полости, устанавливается при адиабатическом расширении идеального газа. Тогда, для сферического заряда, детонирующего из центра, давление на поверхности заряда равно детонационному давлению P_0 .

Принимая адиабатическое расширение идеального газа для $R_0 < R < R_1$, получим:

$$P \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right)^\gamma = P_0 \left(\frac{4}{3} \pi R_0^3 \right)^\gamma,$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — показатель адиабаты газов взрыва;
 C_p — теплоемкость при постоянном давлении;
 C_v — теплоемкость при постоянном объеме.

Откуда:

$$P = P_0 \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-3\gamma}.$$

Давление газов на границе полости с породным массивом:

$$P_1 = P_0 \left(\frac{R_1}{R_0} \right)^{-3\gamma}$$

где R_1 — радиус полости.

Пример 2. Заряд ВВ цилиндрической формы, диаметром меньше диаметра скважины расположен соосно (с воздушным промежутком). Определить напряжение в породном массиве, вызванное взрывом заряда ВВ в условиях, приведенных в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Плотность ВВ, кг/м ³	1100
Скорость детонации ВВ, м/с	4000
Температура взрыва, град. С	2900
Показатель адиабаты	1,3
Скорость продольной волны в породе, м/с	6000
Плотность породы, кг/м ³	2600
Диаметр заряда ВВ, мм	50
Диаметр скважины, мм	75

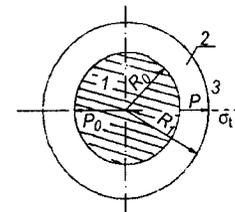


Рис. 2.14. Расчетная схема

- 1 — заряд ВВ;
- 2 — воздушный промежуток;
- 3 — породный массив.

Решение. 1. Расчет ведем для отрезка скважины, длиной 1 м. Расчетная схема приведена на рис. 2.14.

2. Явление газов взрыва на поверхности заряда P_0 принимаем равным детонационному давлению P_d :

$$P_0 = P_d = \frac{\rho_0 U_d^2}{4} = \frac{1100 \cdot 4000^2}{4} = 4,4 \cdot 10^3 \text{ МПа},$$

где ρ_0 — плотность ВВ;
 U_d — скорость детонации.

3. Принимаем адиабатическое расширение газов взрыва, находим давление газов на стенку скважины из выражения:

$$PV^\gamma = \text{const}$$

где P — давление газов;
 V — объем газов;
 γ — показатель адиабаты.

В нашем случае:

$$P(\pi R^2)^\gamma = P_0(\pi R_0^2)^\gamma$$

Откуда:

$$P = P_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^{2\gamma} = 4,4 \cdot 10^3 (50/75)^{2 \cdot 1,3} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ мПа.}$$

4. Напряжение в породном массиве, вызванное взрывом, принимаем как напряжение в прошедшей волне:

$$\sigma_i = \frac{2P}{1+n}; \quad n = \frac{C_{p1}\rho_1}{C_{p2}\rho_2},$$

где C_{p1} и C_{p2} — скорости продольной волны в газах взрыва и породном массиве;

ρ_1 и ρ_2 — плотности газов взрыва и породного массива.

5. Скорость продольной волны в газах взрыва находим по формуле:

$$C_p = 20\sqrt{T},$$

где T — температура газов взрыва °К.

Для адиабатического расширения газов в скважине:

$$VT^{\frac{1}{\gamma-1}} = \text{const}$$

В нашем случае:

$$VT^{\frac{1}{\gamma-1}} = V_0 T_0^{\frac{1}{\gamma-1}},$$

где T_0 — температура взрыва ВВ:

$$T_0 = 273^\circ + 2900^\circ = 3173^\circ \text{ К}$$

Откуда:

$$T = T_0 (V_0/V)^{\gamma-1} = T_0 (R_0/R)^{2(\gamma-1)}$$

$$T = 3175 (50/75)^{2(1,3-1)} = 2488^\circ \text{ К}$$

Следовательно,

$$C_{p1} = 20\sqrt{2488} = 997,6 \text{ м/с.}$$

6. Плотность газов взрыва в скважине находим из выражения:

$$\pi R_0^2 \rho_0 = \pi R^2 \rho_1,$$

где $\rho_0 = 1100 \text{ кг/м}^3$ — плотность ВВ;

Откуда:

$$\rho_1 = \rho_0 (R_0/R)^2 = 1100 (50/75)^2 = 489 \text{ кг/м}^3.$$

Следовательно,

$$n = \frac{997,6 \cdot 489}{6000 \cdot 2600} = 0,03.$$

7. Напряжение в породном массиве, вызванное взрывом:

$$\sigma_i = \frac{2P}{1+n} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{1+0,03} = 2,9 \cdot 10^3 \text{ мПа.}$$

2.4. Гладкое или контурное взрывание

Разрушение породы главным образом идет по поверхностям ее нарушений (геологической структуры). В крупноблочной породе надо чаще располагать скважины и обеспечивать равномерное распределение зарядов по

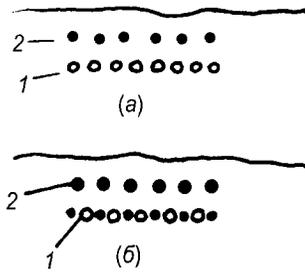


Рис. 2.15. Схема расположения незаряженных скважин при контурном взрывании:
 а — рядом друг с другом;
 б — в перемежку с заряженными скважинами;
 1 — незаряженные скважины;
 2 — заряженные скважины.

объему породы. Для получения ровных поверхностей отрыва и снижения сейсмического действия взрыва применяются несколько способов так называемого контурного взрывания. На рис. 2.15 (а) показано расположение незаряжаемых скважин вдоль плоскости отрыва на расстоянии друг от друга 2 диаметров скважин. Взрывная волна от взрываемого ряда скважин отражается от незаряжаемых скважин и вызывает растягивающие напряжения между этими скважинами, образуя ровную поверхность отрыва. На рис. 2.15 (б) между заряженными скважинами помещаются незаряженные скважины («направляющие»), которые облегчают отбойку породы по линии расположения этих скважин.

При подземных работах обычно применяют предварительное контурное взрывание для повышения сохранности законтурного массива (вмещающих пород, междукамерных целиков, потолочин).

При предварительном контурном взрывании в заданном направлении образуется экранирующая трещина. Надежное образование направленной трещины обеспечивается путем одновременного взрывания контурных скважин с помощью детонирующего шнура.

Расстояние между заряженными контурными скважинами (м) при предварительном трещинообразовании можно определить по формуле (3)

$$a = Kd \left(1 + 2^{\frac{1}{n}} \right) \left\{ \frac{2\mu P_0 (V_3/V_c)^{\gamma}}{[\sigma_p (1-\mu)(1+C)]} \right\}^{\frac{1}{m}}, \quad (111)$$

где $K = 0,95 \pm 1,2$ — коэффициент, учитывающий ориентацию естественных трещин в масси-

ве горных пород относительно плоскости оконтуривания;

d — диаметр скважины, м;

μ — коэффициент Пуассона;

P_0 — детонационное давление в заряде ВВ, Па;

V_3 — объем заряда ВВ в скважине, м³;

V_c — объем скважины, м³;

$\gamma = 1,17 \pm 1,25$ — показатель адиабаты;

σ_p — предел прочности горной породы при растяжении, Па;

C — безразмерная величина, равная отношению импеданса ВВ к импедансу породы;

m, n — степень затухания ударной волны.

Степень затухания ударной волны:

— в зоне разрушения

$$m = 2 + \mu / (1 - \mu);$$

— в зоне образования направленной трещины

$$n = 2\mu - / (1 - \mu);$$

Детонационное давление (Па) в заряде ВВ определяют по формуле:

$$P_0 = \rho_0 U_0 / 4,$$

где ρ_0 — средняя плотность заряда ВВ в скважине, кг/м³;

U_0 — скорость детонации, м/с.

Для анализа процесса взрыва полезно ввести безразмерную величину:

$$C = \rho U_0 / (\rho C_p),$$

где ρ — плотность горной породы, кг/м³;

C_p — скорость продольной волны в горной породе, м/с.

Пример 1. Определить расстояние между оконтуривающими скважинами для условий, приведенных в таблице 9.

Таблица 2.

Прочность породы на растяжение, мПа	6
Плотность породы, кг/м	2800
Скорость продольной волны в породе, м/с	6000
Кoeffициент Пуассона для породы	0,13
Диаметр скважины, м	0,075
Кoeffициент заполнения скважин ВВ	0,8
Плотность ВВ, кг/м ³	1100
Скорость детонации ВВ, м/с	4000
Показатель адиабаты взрывных газов	1,2

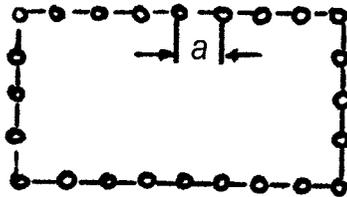


Рис. 2.16. Расчетная схема

Решение. 1. Расчетная схема приведена на рис. 2.16.
2. Расстояние между оконтуривающими скважинами при предварительном трещинообразовании определяется по формуле:

$$a = K d \left(1 + 2^{\frac{1}{n}} \right) \left\{ \frac{2 \mu P_0 (V_3 / V_c)^\gamma}{[\sigma_p (1 - \mu)(1 + C)]} \right\}^{\frac{1}{m}},$$

где $K = 0,95 \pm 1,2$ — коэффициент, учитывающий ориентацию естественных трещин в массиве горных пород относительно плоскости оконтуривания;

d — диаметр скважины, м;

μ — коэффициент Пуассона;

P_0 — детонационное давление в заряде ВВ, Па;

V_3 — объем заряда ВВ в скважине, м³;

V_c — объем скважины, м³;

$\gamma = 1,17 - 1,25$ — показатель адиабаты;

σ_p — предел прочности горной породы при растяжении, Па;

m — степень затухания ударной волны в зоне разрушения:

$$m = 2 + \mu / (1 - \mu);$$

n — степень затухания ударной волны в зоне образования трещины:

$$n = 2 \mu / (1 - \mu);$$

C — отношение импедансов ВВ и породы:

$$C = \rho_0 U_0 / (\rho C_p),$$

где U_0 и C_p — скорости продольной волны в ВВ и породе, м/с;

ρ_0 и ρ — плотности ВВ и породы, кг/м³.

В нашем случае:

$$m = 2 + \frac{0,13}{1 - 0,13} = 2,15;$$

$$n = 2 - \frac{0,13}{1 - 0,13} = 1,85;$$

$$C = \frac{4000 \cdot 1100}{6000 \cdot 2800} = 0,26.$$

Детонационное давление:

$$P_0 = \rho_0 U_0^2 / 4 = \frac{1100 \cdot 4000^2}{4} = 4,4 \cdot 10^9 \text{ Па}.$$

Расстояние между оконтуривающими скважинами:

$$a = 1,2 \cdot 0,075 \left(1 + 2^{\frac{1}{1,85}} \right) \left\{ \frac{2 \cdot 0,13 \cdot 4,4 \cdot 10^9 \cdot 0,8^{1,2}}{[6 \cdot 10^6 (1 - 0,13)(1 + 0,26)]} \right\}^{\frac{1}{2,15}} = 2,1 \text{ м}$$

Принимаем: $a = 2 \text{ м}$.

2.5. Проектирование параметров взрыва на основе безразмерных характеристик

При проектировании параметров взрыва ВВ в скважинах определенную пользу могут дать опытные взрывы шпуров.

Сосредоточенными зарядами скважин считаются заряды, длина которых не превышает трех (шести) диаметров скважин.

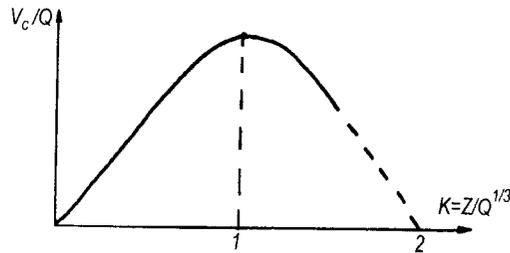


Рис. 2.17. Зависимость объема разрушенной взрывом породы от глубины заложения заряда в безразмерных характеристиках:

- 1 — образуется воронка наибольшего объема;
2 — воронка взрыва не образуется.

На рис. 2.17 приведена зависимость объема разрушенной взрывом породы от глубины заложения сосредоточенного заряда. Такие зависимости могут быть получены для любого сочетания ВВ и породы.

Максимальное значения объема соответствует оптимальной глубине заложения заряда Z_0 ; на глубине Z_c , называемой критической, никакой воронки взрыва не образуется. Результаты опытных работ могут быть представлены простыми формулами:

$$Z_0 = K_0 Q^{1/3}; \quad (112)$$

$$Z_c = K_c Q^{1/3},$$

где Q — масса сосредоточенного заряда ВВ;
 K_0 и K_c — коэффициенты, зависящие от свойств породы и ВВ.

Представим зависимость между массой заряда ВВ Q , глубиной его заложения (ЛНС) и объемом воронки взрыва в безразмерном виде:

$$V_c / Q = f(Z / Q^{1/3}). \quad (113)$$

Эта зависимость представлена на рис. 2.17. Из графика рис. 2.17 находим оптимальное (соответствующее наибольшему отношению (V_c / Q) значение $K_0 = Z_0 / Q^{1/3}$ и критическое (когда воронка взрыва не образуется и $V_c / Q^{1/3} = 0$) значение $K_c = Z_c / Q^{1/3}$.

В соответствии с П-теоремой значения K_0 и K_c будут одинаковыми для любой массы заряда Q . Так, если при шпуровой отбойке массе заряда Q_1 соответствует (по данным опытных взрывов) оптимальное значение $K_{01} = Z_{01} / Q_1^{1/3}$ и критическое значение $K_{c1} = Z_{c1} / Q_1^{1/3}$, то при скважинной отбойке с массой заряда Q_2 из выражений:

$$Z_{01} / Q_1^{1/3} = Z_{02} / Q_2^{1/3} \text{ и } Z_{c1} / Q_1^{1/3} = Z_{c2} / Q_2^{1/3}$$

следует, что оптимальная глубина заложения скважинного заряда (ЛНС) составит:

$$Z_{02} = Z_{01} Q_2^{1/3} / Q_1^{1/3} = K_{01} Q_2^{1/3}$$

и критическая глубина заложения заряда составит:

$$Z_{c2} = Z_{c1} Q_2^{1/3} / Q_1^{1/3} = K_{c1} Q_2^{1/3}.$$

Пример 1. Практика опытных взрывов шпуров показала, что при сосредоточенном заряде P массой 12,2 кг оптимальная глубина его заложения Z_0^P составляет 2 м. Применение заряда R такой же массы дало оптимальное заглубление Z_0^R , равное 2,3 м, ЛНС скважин V_p при применении заряда P массой 100 кг равна 4 м. Какое значение ЛНС надо принять для заряда R такой же массы?

Принимая, по аналогии с формулой (112), зависимость между коэффициентами K_0 и величинами V линейной, получаем:

$$V_p = C K_0^P Q^{1/3};$$

$$V_R = C K_0^R Q^{1/3}.$$

где C — коэффициент пропорциональности.

Из формулы (112):

$$K_0 = Z_0 / Q^{1/3}.$$

Отсюда:

$$V_p = C Q^{1/3} Z_0^P / Q^{1/3} = C Z_0^P;$$

$$B_R = C Q^{1/3} Z_0^R / Q^{1/3} = C Z_0^R.$$

Отношение:

$$B_P / B_R = C Z_0^P / C Z_0^R = Z_0^P / Z_0^R.$$

Следовательно, для заряда ВВ типа R массой 100 кг величина ЛНС составит:

$$B_R = B_P Z_0^P / Z_0^R = 4 \frac{2,3}{2} = 4,6 \text{ м.}$$

Пример 2. При опытных взрывах зарядов ВВ, массой 2,5 кг получены следующие данные:

Глубина заложения заряда Z_1 , м:	Объем воронки взрыва V_{c1} , м ³
1,10	2,5
1,15	2,9
1,20	4,0
1,25	4,5
1,50	3,9
1,70	1,7
1,90	1,0
2,00	0,7
2,30	0,0

Определить оптимальную и критическую глубину заложения заряда массой 225 кг.

Решение 1. Составляем таблицу безразмерных отношений $Z / Q^{1/3}$ и V_c / Q для опытных взрывов (табл. 2.).

Таблица 2.

Z_1 , м	Q_1 , кг	$Q_1^{1/3}$	V_{c1} , м ³	$Z_1 / Q_1^{1/3}$	V_{c1} / Q_1
1,10	2,5	1,357	2,5	0,81	1,00
1,15	2,5	1,357	2,9	0,85	1,16
1,20	2,5	1,357	4,0	0,88	1,60
1,25	2,5	1,357	4,5	0,92	1,80
1,50	2,5	1,357	3,9	1,11	1,56
1,70	2,5	1,357	1,7	1,25	0,68
1,90	2,5	1,357	1,0	1,40	0,40
2,00	2,5	1,357	0,7	1,47	0,28
2,30	2,5	1,357	0,0	1,69	0,00

2. На рис. 2.18 приведен график зависимости $(V_{c1} / Q_1) = f(Z_1 / Q_1^{1/3})$. Из графика находим оптимальное отношение $K_{01} = Z_{01} / Q_1^{1/3} = 0,95$ и критическое отношение $K_{c1} = Z_{c1} / Q_1^{1/3} = 1,69$.

3. Для заряда ВВ $Q_2 = 225$ кг имеем:

$$Q_2^{1/3} = 225^{1/3} = 6,08.$$

4. Оптимальная глубина заложения заряда ВВ, массой $Q_2 = 225$ кг:

$$Z_{02} = Z_{01} Q_2^{1/3} / Q_1^{1/3} = Q_2^{1/3} Z_{01} / Q_1^{1/3} = 0,95 \cdot 6,08 = 5,8 \text{ м.}$$

5. Критическая глубина заложения заряда ВВ, массой $= 225$ кг, составит:

$$Z_{c2} = Z_{c1} Q_2^{1/3} / Q_1^{1/3} = Q_2^{1/3} Z_{c1} / Q_1^{1/3} = 1,69 \cdot 6,08 = 10,3 \text{ м.}$$

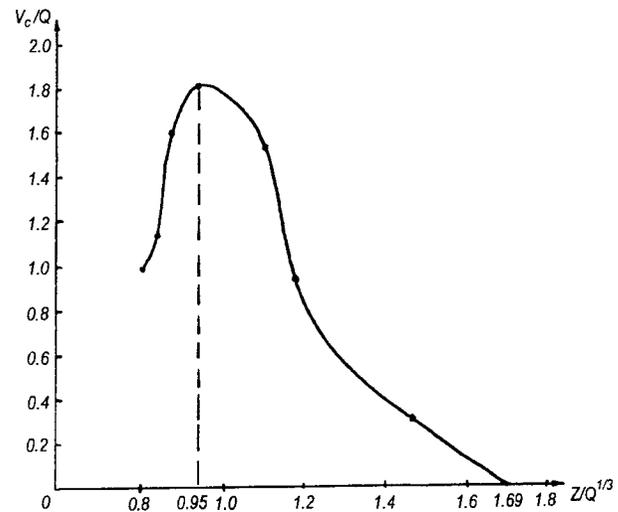


Рис. 2.18. Безразмерные характеристики опытных взрывов.

Пример 3. При опытных взрывах зарядов ВВ, массой 2,5 кг, в руде с коэффициентом крепости по М.М. Протодьяконову 8–10 получены следующие данные:

Глубина заложения заряда: Z_1 , м	Объем воронки взрыва V_{c1} , м ³
1,15	2,9
1,20	4,0
1,25	4,5
1,50	3,9
1,70	1,7

Определить оптимальное значение ЛНС сосредоточенного заряда в вертикальных скважинах и ожидаемые показатели взрыва в условиях, приведенных в таблице 2.

Таблица 2.

Плотность ВВ в скважине, кг/м ³	1000
Диаметр скважин, мм	200
Объемная масса руды, т/м ³	3,5
Крепость руды по М.М. Протодьякопову	8-10

Решение. 1. Расчетная схема приведена на рис. 2.19.
2. Составляем таблицу безразмерных отношений $Z_1 / Q_1^{1/3}$ и V_{c1} / Q_1 , по данным опытных взрывов шпуров (табл. 2.).

Таблица 2.

$Z_1, м$	$Q_1, кг$	$Q_1^{1/3}$	$V_{c1}, м^3$	$Z_1 / Q_1^{1/3}$	V_{c1} / Q_1
1,15	2,5	1,357	2,9	0,85	1,16
1,20	2,5	1,357	4,0	0,88	1,60
1,25	2,5	1,357	4,5	0,92	1,80
1,50	2,5	1,357	3,9	1,11	1,56
1,70	2,5	1,357	1,7	1,25	0,68

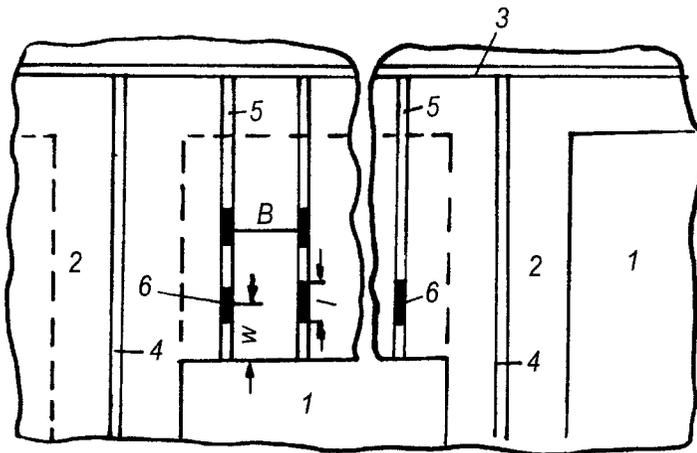


Рис. 2.19. Расчетная схема:

- 1 — камера; 2 — междукамерный целик;
3 — буровой горизонт; 4 — восстающий;
5 — буровая скважина; 6 — заряд ВВ.

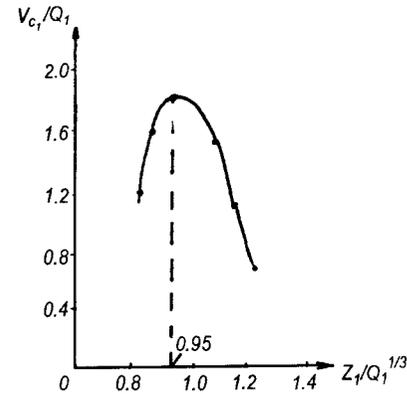


Рис. 2.20. Результаты опытных взрывов шпуров в безразмерных характеристиках

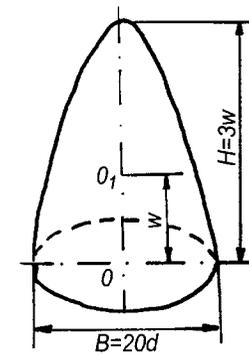


Рис. 2.21. Схема к расчету объема отбитой руды.

3. Строим график $V_{c1} / Q_1 = f(Z_1 / Q_1^{1/3})$ (рис. 2.20). Из графика рис. 2.20 находим оптимальное значение:

$$Z_1 / Q_1^{1/3} = K_{01} = 0,95.$$

4. Масса заряда в скважине, диаметром $d_2 = 0,2$ м:

$$Q_2 = \frac{\pi d_2^2 l}{4} \Delta = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot (6 \cdot 0,2) \cdot 1000 = 37,68 \text{ кг.}$$

5. Оптимальное значение ЛНС скважинного заряда:

$$\omega = K_{01} Q_1^{1/3} = 0,95 \cdot 37,68^{1/3} = 3,2 \text{ м.}$$

6. Ожидаемый объем отбитой руды (форму воронки принимаем за параболойд), согласно рис. 2.21

$$V = \frac{\pi}{8} B^2 H \frac{\pi}{8} B^2 H;$$

$$B = 20d_2 = 20 \cdot 0,2 = 4 \text{ м;}$$

$$V = \frac{3,14}{8} 4^2 \cdot 9,6 = 60,3 \text{ м}^3;$$

$$H = 3\omega = 3 \cdot 3,2 = 9,6 \text{ м.}$$

7. Масса отбитой руды:

$$B = V\gamma = 60,3 \cdot 3,5 = 211 \text{ т.}$$

8. Удельный расход ВВ на отбойку руды:

$$q = Q_2 / B = 37,68 / 211 = 0,18 \text{ кг/т.}$$

Глава 3

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВОВ НА СООРУЖЕНИЯ И ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

3.1. Взрывы на земной поверхности

Для оценки действия воздушных взрывных волн на сооружения можно использовать экспериментальные зависимости. Расстояния от центра взрыва, м, на которых возникают повреждения сооружений, определяются по формулам:

$$R = K_1 \sqrt{Q}, \text{ или } R = K_2 \sqrt[3]{Q}$$

где Q — масса заряда, кг (тип ВВ при расчете безопасных расстояний не учитывают);

K_1 и K_2 — коэффициенты, принимаемые по таблице 3.1.

Таблица 3.1

Степень безопасности	Возможные повреждения	Открытый заряд			Заряд, заглубленный на его высоту:		
		Q	K_1	K_2	Q	K_1	K_2
1	Отсутствие повреждений	≤ 10 т > 10 т	50–100 –	– 400	≤ 20 т > 20 т	20–50 –	– 200
2	Случайные повреждения застекления	≤ 10 т > 10 т	10–30 –	– 100	≤ 20 т > 20 т	5–12 –	– 50
3	Полное разрушение застекления, частичное повреждение рам, дверей; нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок	≤ 10 т > 10 т	5–8 –	– 30–50	– –	– 2–4	– –
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей, барачков, сараев и т. п.	Не зависимо от Q	2–4	–	–	1–2	–
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов	Не зависимо от Q	1,5–2	–	–	0,5–1	–

Коэффициент K_2 используют для открытых зарядов массой больше 10 т при 1, 2 и 3-ей степенях безопасности и для зарядов массой больше 20 т, заглубленных на всю высоту, при 1-ой и 2-й степенях безопасности. Для всех других случаев используют коэффициент K_1 .

Если взрывы производят в узких долинах или проходах между стенами на улицах, то значения R должны быть удвоены.

Если сооружение расположено за преградой лесных насаждений, возвышенности, тогда значения R должны быть уменьшены, но не более чем в 2 раза.

Минимальное расстояние, на котором действие воздушной волны еще безопасно для человека, определяют по формуле:

$$R_{\min} = 15\sqrt[3]{Q}, \quad (115)$$

где Q — масса заряда ВВ, кг.

Пример. Открытый заряд ВВ, массой 8,1 т. взрывается на расстоянии 2700 м от жилого поселка. Оценить действие воздушных взрывных волн на здания в поселке.

Решение. 1. Минимальное безопасное расстояние от места взрыва:

$$R_{\min} = K_1\sqrt{Q}.$$

По табл. 3.1 при $Q < 10$ т

$$K_1 = 50 \text{ и } R_{\min} = 50\sqrt{8100} = 4500 \text{ м.}$$

Следовательно, поселок находится в опасной зоне.

2. Фактическое значение коэффициента $K_1\Phi$

По таблице это соответствует второй степени безопасности. В поселке возможны случайные повреждения застекления.

Проектирование подземных выработок основывается на научном анализе нагрузок, напряжений и прочностных характеристик пород. Математический анализ устойчивости подземных выработок от динамических нагрузок значительно сложнее, чем от статических нагрузок, потому что распределение напряжений около

выработки от ударных волн меняется во времени. Кроме того, прочностные характеристики пород при динамических нагрузках отличаются от таковых при статических нагрузках. Вместе с тем, статические напряжения (с учетом времени) определить труднее, чем динамические.

По результатам исследования Д. Ф. Коутса, наиболее вероятной причиной динамического разрушения подземных горных выработок является подземная ударная волна.

К настоящему времени исследования проведены в основном для плоских волн с прямолинейным фронтом. На рис. 3.1 (а) воздушная ударная волна движется по земной поверхности. Скорость взрывной волны в воздухе U больше, чем скорость сейсмических волн в породе. Следовательно, фронты продольной P и поперечной S волн будут наклонены (назад) от фронта воздушной волны. Углы наклона определяются из выражений:

$$\sin \beta = AC / AB = C_p t / (Ut) = C_p / U;$$

$$\sin \alpha = C_s / U,$$

где C_p и C_s — скорости продольной и поперечной волн в породе.

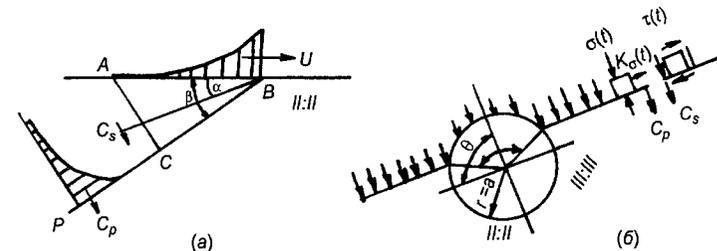


Рис. 3.3. Действие поверхностного взрыва на подземные выработки:

а — скорости волн; б — напряжение на фронте волны.

Это означает, что когда фронт воздушной взрывной волны прошел расстояние AB , фронт продольной волны в породе пройдет расстояние AC и займет положение CB . Соответственно расположится и фронт поперечной волны $C_s B$.

На рис. 3.1 (б) показано охватывание ударной волной подземной выработки. В продольной волне возникает сжимающее напряжение, которое является функцией времени $\sigma(t)$, и растягивающее напряжение, составляющее по абсолютной величине часть сжимающего напряжения $K\sigma(t)$.

Для случая поперечной волны нормально и параллельно ее фронту возникнут касательные напряжения, которые могут быть преобразованы в сжимающие и растягивающие напряжения, расположенные под углом 45° к касательным напряжениям.

В настоящее время решения получены лишь для одного из простых случаев, когда: скорость ударной волны постоянна, длина ударной волны значительно больше ширины выработки.

Кроме продольных и поперечных волн образуются также поверхностные волны (Релея), напряжения от которых сказываются лишь на небольших расстояниях от земной поверхности.

3.2. Подземные взрывы

При взрыве подземных зарядов для сооружений, расположенных выше луча, исходящего из эпицентра взрыва под углом 45° к вертикали, для максимального динамического напряжения можно использовать формулу

$$\sigma_f = K(Q/R^3)^{0.5}, \quad (116)$$

где σ_f — максимальное динамическое напряжение, вызывающее разрушение породы около выработки;

Q — величина заряда;

R — расстояние от центра заряда до выработки;

K — параметр, принимаемый постоянным.

Отсюда для различных величин σ'_f и σ''_f их отношение:

$$\frac{\sigma'_f}{\sigma''_f} = \frac{K_1}{K_2} \left[\frac{Q'}{Q''} \left(\frac{R''}{R'} \right)^3 \right]^{0.5}$$

или, если $K_1 = K_2$:

$$R'' = R' \left[\frac{Q'}{Q''} \left(\frac{\sigma'_f}{\sigma''_f} \right)^2 \right]^{1/3}, \quad (117)$$

где R' и R'' — расстояния от центра заряда;
 σ'_f и σ''_f — максимальные динамические напряжения, вызывающие разрушение породы;

Q' и Q'' — величина зарядов.

Если предположить, что σ_f пропорционально прочности породы на сжатие $\sigma_{сж}$, то получим:

$$R'' = R' \left[\frac{Q'}{Q''} \left(\frac{\sigma'_{сж}}{\sigma''_{сж}} \right)^2 \right]^{1/3}. \quad (118)$$

На рис. 3.2 показано действие плоской волны, параллельной оси выработки, на стенку этой выработки. Волна сжатия переходит в отраженную волну растяжения, величина которой существенна только на расстоянии одного радиуса от стенки выработки.

При оценках устойчивости выработок необходимо принимать во внимание малый срок действия напряжений и динамические характеристики пород. На рис. 3.3 показаны результаты опытных взрывов на устойчивость выработок.

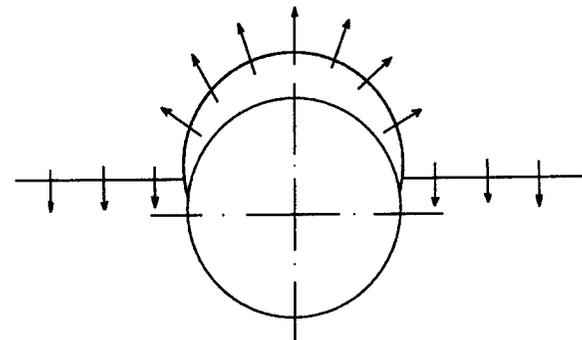


Рис. 3.2. Действие плоской волны параллельной оси выработки.

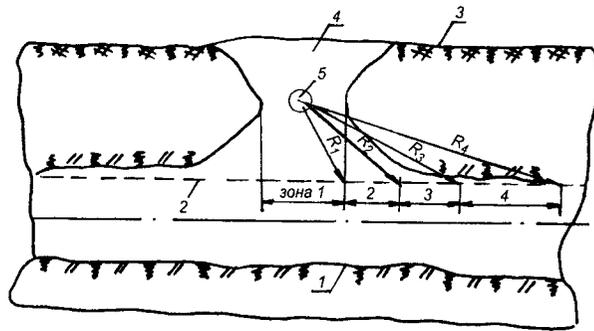


Рис. 3.3. Зоны влияния взрыва на устойчивость выработки:

- 1 — почва выработки; 2 — кровля выработки; 3 — земная поверхность;
4 — воронка выброса; 5 — центр заряда ВВ.

Результаты опытных взрывов вблизи тоннелей позволили выделить четыре зоны влияния взрывов на устойчивость выработок:

- зона I — полное разрушение выработки с выходом обрушения в воронку взрыва;
- зона II — непрерывное разрушение выработки по всей длине зоны. Объем разрушенной породы увеличивается по направлению к месту взрыва;
- зона III — непрерывное разрушение пород с выпадением в выработку на всей длине зоны;
- зона IV — разрушение выработки в отдельных местах, связанное с трещиноватостью пород.

Расстояние внешней границы зон от места взрыва (рис. 3.3):

$$R_1 = 0,5R_r;$$

$$R_2 = R_r;$$

$$R_3 = 1,3R_r;$$

$$R_4 = 2,1R_r,$$

336 где R_r — радиус взрывного разрушения пород.

Пример 1. Взрывом мощностью 4,5 кт тоннель был полностью разрушен на протяжении 250 м, местные разрушения наблюдались на протяжении 600 м. Прочность пород на сжатие составляла 42 МПа. Оценить действие взрыва мощностью 0,5 кт в породах прочностью на сжатие 210 МПа.

Решение. 1. Длина полного разрушения выработки по формуле (118):

$$R_1 = 250 \left[\left(\frac{42}{210} \right)^2 \cdot \frac{0,5}{4,5} \right]^{1/3} = 41,2 \text{ мПа}.$$

2. Длина выработки, на которой возможны местные разрушения:

$$R_2 = 600 \left[\left(\frac{42}{210} \right)^2 \cdot \frac{0,5}{4,5} \right]^{1/3} = 98,8 \text{ м}.$$

Устойчивость выработки можно повысить, прокладывая слой рыхлого или мягкого материала между бетонной крепью и породами.

Допустимые относительные деформации горных сооружений в зависимости от их класса приведены в таблице 3.2.

По методике ВНИМИ сейсмобезопасное расстояние R_c и допустимая масса заряда Q_0 , взрывааемая одновременно, определяются по допустимым скоростям смещения пород для подземных выработок (табл. 3.3) по формулам:

$$R_c = \sqrt{K_r \cos \alpha \frac{1}{\vartheta_0 \sqrt{n_0}}} \cdot \sqrt[3]{Q_0}; \quad (119 \text{ а})$$

$$Q_0 \leq \left[\frac{R}{\sqrt{\frac{K_r \cos \alpha}{\vartheta_0 \sqrt{n_0}}}} \right]^3, \quad (119 \text{ б})$$

где Q_0 — масса заряда, кг;

R — расстояние от объекта до условного центра взрыва, м;

K_T — коэффициент сейсмического действия (равен 450, 400 и 350 при распространении взрывных волн соответственно через рудный массив, вмещающие породы и камеру в направлении к междукammerному целику);

α — угол падения сейсмозврывной волны на открытую поверхность, град.;

ϑ_{∂} — допустимая скорость смещения, см/с (табл. 3.3);

n_B — число ступеней взрывания (при порядном взрывании — число рядов).

Таблица 3.2

Класс сооружений	Характеристика сооружений	Допустимая относительная упругая деформация
I	Особо ответственные сооружения длительного срока эксплуатации (более 10–15 лет): гидротехнические тоннели, стволы шахт, капитальные штольни, камеры дробления, водоотлива, рудничные дворы	0,0001
II	Ответственные сооружения со сроком эксплуатации более 5–10 лет: обводные и транспортные тоннели гидротехнических сооружений, надкамерные целики, квершлагги, уступы карьеров, отвалов	0,0002
III	Кратковременно эксплуатируемые сооружения (от 1 до 5 лет): камеры, уступы, штреки	0,0003
IV	Неответственные сооружения со сроком эксплуатации до 1 года: очистные блоки, рабочие уступы, рабочие борты карьеров	0,0005

Величина допустимой скорости смещения зависит от характера и назначения горных выработок, камер, целиков. Все подземные выработки по степени их важности делятся на четыре класса:

- I — особо ответственные (срок службы более 10 лет): стволы шахт, капитальные штольни, камеры водоотлива, дробления и т.п.;
- II — ответственные (срок службы 5–10 лет): околоствольные дворы, квершлагги и т.п.;
- III — эксплуатируемые кратковременно (срок службы 1–3 года): подземные камеры, транспортные и вентиляционные штреки и т.п.;
- IV — неответственные (срок службы до 1 года): буровые и скреперные орты и штреки, блоковые восстающие и т.п.).

Таблица 3.3

Степень безопасности	Возможные повреждения	Открытый заряд			Заряд, заглубленный на его высоту:		
		Q	K_1	K_2	Q	K_1	K_2
1	Отсутствие повреждений	≤ 10 т > 10 т	50–100 —	— 400	≤ 20 т > 20 т	20–50 —	— 200
2	Случайные повреждения застекления	≤ 10 т > 10 т	10–30 —	— 100	≤ 20 т > 20 т	5–12 —	— 50
3	Полное разрушение застекления, частичное повреждение рам, дверей; нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок	≤ 10 т > 10 т	5–8 —	— 30–50	— —	— 2–4	— —
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей, бараклов, сараев и т. п.	Не зависимо от Q	2–4	—	—	1–2	—
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов	Не зависимо от Q	1,5–2	—	—	0,5–1	—

Если сооружения подвергаются многократной взрывной нагрузке, то допустимая масса заряда снижается в соответствии с коэффициентом K_M , значения которого, в зависимости от числа взрывов, приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Число взрывов в год	10	50	100	250	500
Значение K_M	0,98	0,9	0,72	0,64	0,56

Принимается $Q'_0 = Q_0 \cdot K_M$

По Б.Н. Кутузову ориентировочные значения допустимых (критических) скоростей смещений массива в основании охраняемых объектов (м/с):

Крутонаклонные ($L = 50 \div 80^\circ$) откосы долговременных бортов и уступов:

- в скальных массивах с благоприятной структурой 0,2–0,4;
- то же с неблагоприятной структурой массивов (при наличии трещин с падением $30 - 70^\circ$ в выработанное пространство 0,06–0,2;
- в малосвязных (нескальных) водонасыщенных грунтах 0,06–0,12.

Здания и сооружения:

- жилые и общественные здания всех типов, высокие кирпичные трубы 0,01–0,03;
- административно-бытовые и промышленные здания, высокие железобетонные трубы, эстакады, мосты 0,03–0,06;

- одноэтажные каркасные промышленные здания, монолитные железобетонные сооружения, фермы и металлоконструкции внутри карьерных сооружений полустационарного и стационарного типа, электростанции 0,06–0,12.
- передвижные карьерные установки, машины и механизмы с электрическим и тепловым приводом 0,15–0,3.

Подземные горные выработки без крепления:

- в породах с $f \leq 10$ 0,2–0,4
- в породах с $f > 10$ 0,4–0,6.

Закрепленные подземные горные выработки:

- в породах с $f \leq 10$ 0,4–0,6
- в породах с $f > 10$ 0,6–0,8

Транспортные и гидротехнические тоннели: 0,06–0,12.

Пример 2. Определить допустимую массу заряда, обеспечивающего сохранность откаточного орта, пройденного в слаботрециноватых породах с коэффициентом крепости $f = 12$ перпендикулярно направлению взрывной волны. Расстояние от орта до места взрыва 60 м. Число ступеней взрывания — 3. Взрывная волна проходит к орту через рудный массив. Число взрывов в год — 20.

$K_r = 450$; по таблице 3.3 находим $\vartheta_d = 44,5$ см/с; интерполяцией данных из табл. 3.4 находим

$$K_M = 0,98 - \frac{0,98 - 0,9}{50 - 10} (20 - 10) = 0,96.$$

Допустимая масса заряда $Q'_d = Q_d \cdot K_M$

$$Q'_d = \left[\frac{60}{\sqrt{\frac{450^{1,1}}{44,5\sqrt{3}}}} \right]^3 \cdot 0,96 = 14700 \text{ кг}.$$

Общая формула для расчета скорости смещения породного массива под действием взрыва имеет вид:

$$\vartheta = K(\sqrt[3]{Q/R})^n \quad (120)$$

где K — коэффициент условий взрывания;
 Q — масса заряда, кг;

Таблица 3.5

Породы и условия взрывания	Скорость волны, м/с		Скорость смещения ϑ , см/с
	Продольной	поперечной	
Амфиболиты и амфиболовые сланцы, взрывание в подземных условиях	5000	3600	$115 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$
Углистые, углисто-кремнистые и углисто-карбонатные сланцы, филлиты, взрывание в подземных условиях	2000–2500	1000–1300	$230 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$
Известняки силура; — взрывание в подземных условиях	2400	1300	$265 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$
— взрывание в карьере	2400	1300	$650 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$
Углисто-кремнистые, углисто-глинистые и слюдяно-глинистые сланцы, взрывание в подземных условиях	1900	1000	$310 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$
Окварцованные сиенит-диориты, взрывание в карьере	2500–3300	1360–1800	$200 [\sqrt[3]{Q/R}]^{1,5}$

R — расстояние от центра заряда до выработки, м;
 n — показатель степени затухания сейсмических волн (1,15 + 2,0)

В таблице 3.5 приведены расчетные формулы для определения скорости смещения породного массива для некоторых условий взрывания.

При известных физико-механических характеристиках массива скорость смещения (см/с) может быть определена по формуле С.М. Медведева:

$$\vartheta = 7,5 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{g}{C_p \rho \tau_n}} \left(\sqrt[3]{\frac{Q}{R_s}} \right)^n$$

где ϑ — ускорение свободного падения, м/с;
 C_p — скорость продольной волны в массиве, м/с;
 ρ — плотность породы, кг/м³;

$\tau_n = k g R_s$ — период колебаний пород при взрыве, с;
 k — коэффициент групповых условий (равен 0,11–0,13; 0,03–0,06; 0,01–0,03 соответственно для водонасыщенных торфяников, наносов средней прочности и скальных пород);

R — расстояние от места взрыва, м;

Q — масса заряда, кг;

$n_3 = 1,15 - 2,0$ — показатель степени затухания сейсмических колебаний.

Значение допустимой скорости смещения для некоторых элементов очистных выработок, см/с:

- междукамерные целики
- при мощности залежи до 10 м — 40;
- при мощности залежи свыше 10 м — 30;
- висячий бок и потолочина камеры — 15.

Ориентировочно допустимую скорость смещения v_{∂} для контуров подземных сооружений можно принимать как половину критической скорости смещения открытой поверхности, определяемой по формуле:

$$v_{\partial} = 0,001 \sigma_p \frac{C_p}{E_{\partial}} \text{ см/с}, \quad (122)$$

где σ_p — предел прочности породы на растяжение, МПа;
 C_p — скорость продольной волны в породном массиве, м/с;

E_{∂} — динамический модуль упругости горной породы в массиве, МПа.

Для целиков допустимая скорость смещения с учетом многократности взрывных нагрузок:

$$v_{\partial} = K_c v_{\partial_{кр}},$$

где K_c — коэффициент снижения прочности в зависимости от числа взрывов; K_c находится в интервалах $1 \div 0,9$ и $0,8 \div 0,77$ при числе взрывов соответственно от 1 до 10 и от 10 до 100.

В.В. Кудинов для расчета критической скорости колебания пород предлагает формулу:

$$v_{\partial_{кр}} = 4,73 \sqrt{\frac{10^{-5} \sigma_{сж}}{C_p}} \text{ см/с}, \quad (123)$$

где $\sigma_{сж}$ — предел прочности горной породы на сжатие, МПа;

C_p — скорость распространения в породе продольной волны, м/с.

Динамические нагрузки, действующие на выработку, предлагается определять по формуле:

$$\sigma_{\partial_{\max}} = \varepsilon_{\max} E = \frac{v_{\partial_{кр}}}{C_p} E, \quad (123a)$$

где $v_{\partial_{кр}}$ — критическая скорость смещения породы, см/с;

C_p — скорость распространения в породе продольной волны, м/с;

E — модуль упругости породы, МПа.

Контрольные вопросы

1. Каково соотношение между скоростями ударных волн в воздухе и в породе?
2. Укажите связь между динамическим напряжением в породе и величиной заряда ВВ.
3. Укажите зоны влияния взрыва на устойчивость выработки, их параметры.
4. Что такое коэффициент многократной взрывной нагрузки?
5. Что такое допустимая масса заряда?
6. Что такое допустимая скорость смещения пород?

Литература

1. Слепцов М.Н., Азимов Р.Ш., Мосинец В.Н. Подземная разработка месторождений цветных металлов. — М.: Недра, 1986.
2. Справочник по горнорудному делу / Под ред. В.А. Гребенюка, Я.С. Пыжьянова, И.Е. Ерофеева. — М.: Недра, 1983.
3. Панин И.М., Ковалей И.А. Задачник по подземной разработке рудных месторождений. — М.: Недра, 1984.
4. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. — М.: Недра, 1989.
5. Ломоносов Г.Г. Технология отбойки руды при подземной добыче. — М.: Изд. Московского горного института, 1988.
6. Горный журнал. — №10. — 1989.
7. Coates D.F. Rock Mechanics Principles. — Ottawa, 1970
8. Горный журнал. — №1. — 1984.
9. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия. — М.: Стройиздат, 1981.
10. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом. — М.: Изд. Московского горного института, 1992.
11. Горный журнал. — №8. — 1990.
12. Горный журнал. — №3. — 1991.
13. Горный журнал. — №11. — 1992.
14. Горный журнал. — №9 — 10. — 1996.
15. Панин И.М., Панин М.И. Динамические процессы в горном массиве. — М.: Изд. Российского университета дружбы народов, 1992.

Литература

16. Петухов И.М., Батугина И.М. Геодинамика недр. — М.: Недра, 1996.
17. Проведение горно-разведочных выработок и основы разработки месторождений полезных ископаемых / Л.Г. Грабчак, Ю.Н. Малышев, В.И. Комащенко, Б.Н. Федунец. — М.: АГН, 1997.
18. Боровков Ю.А., Ковалев И.А. Основы расчета контурного взрывания // Известия вузов. Геологоразведка. — №56. — 1981.
19. Комащенко В.И., Носков В.Ф., Лебегев Ю.А. Буровзрывные работы. — М.: Недра, 1995.
20. Кутузов Б.Н. Взрывные работы. — М.: Недра, 1988.
21. Матвейчук В.В. Взрывные работы на земной поверхности. Часть 1. Взрывчатые материалы, оборудование, приборы. — М.: МГГА, 1997.
22. Нормативный справочник по буровзрывным работам. — М.: Недра, 1986.
23. Сборник руководств и инструкций по применению промышленных взрывчатых материалов. — М.: Главспецпромстрой, 1988.
24. Технические правила ведения взрывных работ на земной поверхности. — М.: Недра, 1972.
25. Федоренко П.И. Буровзрывные работы. — М.: Недра, 1991.
26. Матвейчук В.В. Взрывные работы на земной поверхности. Часть 2. Расчет параметров взрывных работ. — М.: МГГА, 1999.
27. Матвейчук В.В. Взрывные работы на земной поверхности. Часть 3. Расчет динамических процессов. — М.: МГГА, 2000.
28. Винчелл А.И., Винчелл Г. Оптическая минералогия // Иностранная литература. — М., 1953.
29. Данилевский В.В. Русское золото. — М.: Изд-во Академии АН УССР, 1953.
30. Шидловский А.А. Основы пиротехники. — М.: Госиздат оборонной промышленности, 1954.
31. Матвейчук В.В. Единый сборник задач по процессам подземных горных работ. — М.: МГГА, 1995.
32. Матвейчук В.В. Обоснования эффективной технологии добычи блоков природного камня: Дисс. на соиск. степени доктора техн. наук. — М.: МГГА, 1996.
33. Беляев А.Ф. Зависимость скорости горения термитов от давления. — М.: ЖФХ, 1950.
34. Сидорский П. Огнеметы противника и защита от зажигательных веществ // Военный вестник. — №11, 12. — 1942.

35. *Погин М.Е., Гинестлинг А.М.* Классификация реакций между твердыми веществами. — М.: ЖФХ, 1951.
36. *Алюминотермия: Пер. с франц. // Артиллерийский журнал.* — М., 1903.
37. *Густассон Р.* Шведская техника взрывных работ. — М.: Недра, 1977.
38. *Комащенко В.Н., Носков В.Ф., Лебедев Ю.А.* Буровзрывные работы. — М.: Недра, 1995.
39. *Перечень взрывчатых материалов, приборов и оборудования и приборов взрывного дела, допущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению.* — М.: МГТА, 1996.

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 9

Глава 1

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА	11
1.1. Промышленные взрывчатые вещества	15
1.2. Классификация промышленных взрывчатых веществ	16
1.3. Индивидуальные химические соединения	18
1.4. Пороха	19
1.5. Смесевые взрывчатые вещества	21
1.6. Заряды, промежуточные детонаторы	28
1.7. Перечень взрывчатых веществ и зарядов, допущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению	31

Глава 2

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ	36
2.1. Огневое и электроогневое взрывание	37
2.2. Электрическое взрывание	43
2.3. Взрывание детонирующим шнуром	54
2.4. Неэлектрическая система Нонел	58
2.5. Перечень средств инициирования взрывчатых веществ, допущенных Госгортехнадзором России к постоянному применению	61

Глава 3

ВЗРЫВНЫЕ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ	65
3.1. Взрывные приборы и машинки	65
3.2. Взрывные и контрольно-измерительные приборы, допущенные Госгортехнадзором России к постоянному применению	68

Приложения

Приложение 1	70
Приложение 2	71
Приложение 3	71
Приложение 4	72
Приложение 5	73
Приложение 6	112
Приложение 7	113
Приложение 8	114

Часть 2. Методы и параметры проведения взрывных работ

115

Глава 1**Общие сведения** **117**

1.1. Классификации грунтов	117
1.2. Классификация зарядов ВВ	123

Глава 2**Взрывание внутренними зарядами** **128**

2.1. Метод шпуровых зарядов	128
2.2. Метод скважинных зарядов	134
2.3. Метод котловых зарядов	142
2.4. Метод малокамерных зарядов	148
2.5. Метод камерных зарядов	149

Глава 3**Взрывание наружными зарядами ВВ** **157****Глава 4****Технология взрывных работ** **168**

4.1. Взрывные работы на карьерах	160
4.2. Взрывные работы при сооружении котлованов и траншей	174
4.3. Взрывание на выброс	176
4.4. Взрывание на сброс	181

4.5. Обрушение неустойчивых массивов	185
4.6. Сооружение выемок на косогорах	187
4.7. Рыхление мерзлых грунтов	189
4.8. Образование водоемов, проходка траншей, каналов	191
4.9. Возведение плотин, дамб и перемычек взрывным способом	195
4.10. Взрывание перемычек	198

Глава 5**Взрывные работы при строительстве и реконструкции** **200**

5.1. Обрушение зданий и сооружений	200
5.2. Дробление фундаментов	210
5.3. Посадка насыпей на болотах	214

Глава 6**Специальные виды взрывных работ** **218**

6.1. Ледокольные взрывные работы	218
6.2. Образование камуфлетных полостей	222
6.3. Взрывные работы при сейсморазведке	226
6.4. Торпедирование скважин	227
6.5. Перебивание металла и металлических конструкций	232

Глава 7**Взрывные работы в лесном хозяйстве** **236**

7.1. Валка деревьев, корчевка пней	236
7.2. Взрывные работы при тушении лесных пожаров	240

Часть 3. Расчеты динамических процессов при взрывных работах

241

Глава 1**Колебания и волны в горном массиве** **243**

1.1. Колебания	243
1.2. Волны	269

Глава 2**взрывы 296**

- 2.1. Основные понятия 296
 2.2. Влияние взрыва на крепь выработки 301
 2.3. Взрывы в плотной среде 301
 2.4. Гладкое или контурное взрывание 319
 2.5. Проектирование параметров взрыва на основе безразмерных характеристик 323

Глава 3**влияние взрывов на сооружения и горные выработки 331**

- 3.1. Взрывы на земной поверхности 331
 3.2. Подземные взрывы 334

Глава 4**динамические проявления горного давления 344**

- 4.1. Горные удары 344
 4.2. Внезапные выбросы пород и газа 360
 Литература 370

Учебное издание

МАТВЕЙЧУК ВАЛЕРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ
ЧУРСАЛОВ ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Компьютерная верстка: **А. Щукин**

Рисунки: **Н. Соматоева**

Корректор: **О. Орлова**

Литературно-издательское агентство
 «Академический Проект»

Изд. лиц. № 04050 от 20.02.01.

111399, Москва, ул. Мартеповская, 3, стр. 4
 Санитарно-эпидемиологическое заключение
 Департамента государственного
 эпидемиологического надзора
 № 77.99.04.953.П.002217.08.01 от 24.08.2001 г.

По вопросам приобретения книги просим обращаться
 в ООО «Трикта»:

111399, Москва, ул. Мартеповская, 3, стр. 4

Тел.: (095) 305 3702; факс: 305 6088

E-mail: project@ropnet.ru

Подписано в печать с готовых диапозитивов 07.08.02.
 Формат 84x108 ¹/₃₂. Гарнитура Балтика. Бумага офсетная.
 Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,16. Тираж 3000 экз.
 Заказ № 388.

Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции
 ОК-005-093, том 2; 953000 — книги, брошюры.

Отпечатано с готовых диапозитивов
 на ГИПП «Уральский рабочий»
 620219, Екатеринбург, ул. Тургенева, 13