

**С.А.БРЫЛОВ Л.Г.ГРАВЧАК
В.И.КОМАЩЕНКО**

ГОРНО- РАЗВЕДОЧНЫЕ И БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

*Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве учебника для студентов
вузов, обучающихся по специальности «Геологическая съемка,
поиски и разведка»*



МОСКВА „НЕДРА” 1989

ББК 33.2
Б 87
УДК 622.2(075.8)

Рецензенты:

кафедра разрушения горных пород Ленинградского горного института,
д-р техн. наук, проф. *В. М. Питерский*

Брылов С. А., Грабчак Л. Г., Комашенко В. И.
Б 87 Горно-разведочные и буровзрывные работы: Учеб-
ник для вузов.— М.: Недра, 1989.— 287 с.: ил.
ISBN 5—247—00379—9

Приведены классификации горных пород и выработок. Описаны специфические особенности горных работ и охраны труда при проведении горно-разведочных выработок. Рассмотрены технология, механизация и организация проходки разведочных канав, траншей, шурфов, штолен и рассечек. Показаны особенности проходки горизонтальных и наклонных подземных выработок, стволов разведочных шахт и подземных камер.

Для студентов геологоразведочных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка».

Б $\frac{2502010300-192}{043(01)-89}$ **230—89**

ББК 33.2

ISBN 5—247—00379—9

© Издательство «Недра», 1989

ВВЕДЕНИЕ

Горные работы наряду с геофизическими и буровыми — один из основных технических методов изучения недр и разведки месторождений твердых полезных ископаемых.

В результате горных работ в земной коре образуются полости — горные выработки. Совокупность производственных процессов, осуществляемых с целью сооружения выработок, называют проведением или проходкой горных выработок. Выработки, проводимые при поисках и разведке месторождений, называют разведочными (в отличие от эксплуатационных, которые проводятся для разработки разведанных месторождений).

Горные выработки имеют такие размеры поперечного сечения, при которых обеспечиваются возможность и безопасность доступа, нахождения и эффективной работы в них людей.

Проникая по этим выработкам на различные глубины толщи земной коры, геологоразведчик ведет непосредственное наблюдение за состоянием недр, изучает геологическую и гидрогеологическую ситуации, условия и параметры залегания полезных ископаемых разведываемого месторождения, осуществляет опробование, определяя ценность, содержание и закономерности распределения полезных компонентов. Выполнение этих работ обеспечивает получение наиболее достоверной геологической и горнотехнической информации о месторождениях полезных ископаемых и установление запасов высокой категории разведанности.

Горные выработки проводят на различных этапах геологоразведочных работ.

На стадиях геологических работ и поисков месторождений горные выработки проходят в небольших объемах, которые меняются в зависимости от мощности покровных отложений и количества естественных обнажений на изучаемой площади земной поверхности.

В процессе предварительной разведки месторождений, имеющих выход на поверхность, а также перекрытых небольшой толщей рыхлых или малосвязных пород, обычно проходят довольно значительные количества горных выработок.

При детальной разведке горнопроходческие работы наиболее распространены на месторождениях цветных, редких и радиоактивных металлов, причем с увеличением сложности, размеров и глубины залегания месторождений масштабы этих работ возрастают.

В процессе детальной и эксплуатационной разведки область применения горнопроходческих работ определяется в основном

параметрами, условиями залегания и сложностью рудных тел, а также способами их разработки.

Производство горных работ связано со значительными затратами труда, энергии, времени и средств. Надлежащая организация и механизация проведения горных выработок — необходимые элементы технологии проходческих работ, которые обеспечивают их безопасность, экономичность и сокращают сроки разведки месторождений.

Осуществление из горных выработок бурения скважин и геофизических исследований повышает эффективность геологоразведочных работ. В зависимости от положения относительно земной поверхности различают открытые и подземные горные выработки. Открытые выработки вследствие примыкания к земной поверхности имеют незамкнутый контур поперечного сечения; в отличие от них подземные выработки характеризуются тем, что по всему контуру поперечного сечения они ограничены горными породами. В зависимости от положения главной оси подземные выработки разделяют на горизонтальные, наклонные и вертикальные. Поверхность открытой или подземной горной выработки, граничащая с породным массивом и перемещаемая в процессе производства проходческих работ, называется забоем. Поверхности горных пород, ограничивающие горную выработку с боков, называют боками выработки, сверху — ее кровлей, а снизу — подошвой.

Для образования полости в земной коре необходимо разрушить и удалить часть горных пород. Процесс разрушения первоначально сводится к отделению некоторого количества пород от массива, называемому отбойкой. Если в результате отбойки от массива были отделены крупные куски породы, которые затруднительно или вообще невозможно удалить из выработки, то их разрушают дополнительно. Эта операция называется вторичным дроблением (при проведении горных выработок вторичное дробление производится в редких случаях).

Породу разрушают различными способами, выбираемыми главным образом в зависимости от физических свойств горных пород: машинами, с помощью взрывчатых веществ (ВВ), вручную и под действием высоконапорной водной струи.

При проведении горных выработок (особенно подземных) наиболее распространен способ разрушения пород с применением ВВ.

Использование энергии взрыва в процессе разведки месторождений практикуется не только при проведении горных выработок, но и для других целей, однако при горнопроходческих работах это имеет очень важное значение. Поэтому процессы проведения горных выработок в подавляющем большинстве случаев взаимосвязаны с взрывным разрушением пород. Взрывная отбойка определяет технологию и организацию проходческих работ как ее основная составная часть.

Раздел первый

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ПОРОД

§ 1. ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД

Свойства пород, влияющие на процессы горных работ, назовем горно-технологическими. Горно-технологические свойства пород необходимо знать для правильного выбора способа и режимов горнопроходческих работ; эти свойства определяют преимущественно в лабораторных условиях при экспериментах с образцами типичных для разведываемого месторождения пород. К основным горно-технологическим свойствам можно отнести следующие.

1. Физико-технические характеристики: плотность, плотность минерального скелета, пористость, насыпная плотность.
2. Упругие, пластические и прочностные характеристики, определяющие поведение пород при воздействии нагрузок.
3. Горнотехнические характеристики: абразивность, буримость и взрываемость пород.

Физико-технические характеристики пород

Под плотностью ρ_0 понимают массу единицы объема породы в ее естественном состоянии (в том числе и объем пор). Плотность породы необходима для подсчета запасов полезных ископаемых, определения производительности горных предприятий, расчетов горного давления, которое возникает вследствие напряженного состояния пород в земной коре и проявляется при проведении горных выработок.

При лабораторных исследованиях плотность пород обычно определяют с помощью волюменометров (объемометров) или гидростатическим взвешиванием. В первом случае плотность породы устанавливают по отношению массы породного образца к массе вытесненной им из волюменометра воды; во втором — по отношению массы образца, взвешенного в воздушной среде, к разнице между этой массой и массой образца, взвешенного в водной среде. Плотность пород чаще всего составляет от 1500 до 3500 кг/м³, наибольшей плотностью обладают руды, содержащие гематит, пирит, магнетит.

Плотностью минерального скелета ρ_m называют массу единицы объема ее твердой фазы (минерального скелета без пор и влаги). Плотность минерального скелета породы, как правило, выше ее

общей плотности ($\rho_m > \rho_0$), особенно велика эта разница для осадочных пород, обладающих значительной пористостью. Плотность минерального скелета при разведке месторождений устанавливают главным образом для вычисления пористости породы. Плотность ρ_m определяют обычно пикнометрическим способом, который основан на измерении изменения массы пикнометра, наполненного жидкостью, при замене части этой жидкости навеской мелкоизмельченной породы.

Под пористостью породы понимают суммарный относительный объем содержащихся в ней пор, при этом к порам не относят крупные полости и трещины. Различают открытые и закрытые поры; первые соединяются между собой, вторые изолированы друг от друга. Совокупность открытой и закрытой пористости называют общей пористостью пород m_0 . Пористость обуславливает водо- и газопроницаемость пород, определение ее приобретает особое значение при проведении горных выработок в газо- и водоносных породах; в известной мере она устанавливает и эффективность некоторых способов отбойки горных пород.

Общую пористость породы вычисляют следующим образом: $(\rho_m - \rho_0) / \rho_m$. Величину открытой пористости определяют в лабораторных условиях из отношения разности масс насыщенного (керосином) и сухого образца, взвешенных в воздушной среде, к разности между массой насыщенного образца, взвешенного в воздушной среде, и массой насыщенного образца, взвешенного в керосине. Пористость выражается в процентах и меняется в широких пределах — обычно от 5 до 20 %, достигая иногда 90 %; наименьшая пористость — у магматических пород (за исключением некоторых, например туфов), наибольшая — у осадочных.

Насыпной плотностью ρ_n , характеризующей разрыхление горных пород, называют отношение массы, отделенной от массива и разрушенной породы, к ее объему. Насыпная плотность зависит от общей плотности породы, крупности ее кусков, а также плотности укладки и влажности горной массы. Насыпную плотность ρ_n используют при расчетах транспортировки и складирования горной массы. Этот показатель обычно определяют на месте производства горных работ с использованием заполняемых породой откаточных сосудов (вагонеток) по отношению разности масс заполненного породой и порожнего сосуда к его вместимости.

Упругие, пластические и прочностные характеристики пород

Деформируемость породы — ее способность под действием нагрузок изменять объем и форму без изменения массы и разрушения. Различают упругие и пластические деформации пород.

В процессе нагружения порода по мере возрастания напряжений претерпевает упругие (обратимые) и пластические (необратимые) деформации; при достижении напряжений предела прочности порода разрушается. Поэтому деформационные характеристики пород представляют научный и практический интерес для совершенствования процессов разрушения пород при отбойке и для предотвращения разрушения пород с целью сохранения горной выработки. Основные показатели упругих свойств пород — модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ .

Под модулем упругости понимают коэффициент пропорциональности между величиной напряжений и относительной деформацией породы при сжатии или растяжении. Наиболее часто E определяют при статическом сжатии пород. Сущность эксперимента заключается в поэтапном сжатии на прессе цилиндрического породного образца по главной оси и в достаточно точном измерении (с помощью тензодатчиков или механических измерительных приборов) его продольных деформаций. Модуль упругости пород меняется чаще всего от 10^3 до 10^5 МПа; наименьшая величина его характерна для кислых пород, наибольшая — для ультраосновных.

При нагружении образцы породы деформируются — сжимаются в направлении действия нагрузки и увеличиваются в поперечном сечении. Отношение относительных поперечных деформаций к относительным продольным называют коэффициентом поперечной деформации или коэффициентом Пуассона (безразмерная величина).

Опыты по определению коэффициента Пуассона аналогичны описанным выше, однако при нагружении на прессе образца горной породы измеряют не только продольные, но и поперечные деформации. Поперечные деформации пород невелики, и поэтому μ имеет небольшие величины: для кислых пород $\mu < 0,1$; для ультраосновных — меняется от 0,35 до 0,45.

Пластические деформации проявляются в горных породах при продолжительном воздействии нагрузок, в частности, огромные пластические деформации отмечались в процессах складкообразования, при которых изменение форм залегания пород без разрывов и разрушений происходило в течение целых геологических периодов.

В осадочных породах пластические свойства проявляются интенсивнее, чем в магматических; ярко выраженными свойствами пластичности обладают влажные глинистые породы.

В качестве численного показателя пластичности обычно пользуются коэффициентом K_n — безразмерной величиной, равной отношению общей работы разрушения и работы, затраченной на упругие деформации. Опыты проводят при сжатии до разрушения на прессе породных образцов с фиксацией и последующей обработкой графика деформации как функции от сжимающей нагрузки.

Прочностные свойства пород, выражаемые пределами прочности на сжатие, растяжение, сдвиг и изгиб, обеспечивают получение важных характеристик, используемых при практических расчетах режимов отбойки пород и параметров горных выработок, а также в конструкторских разработках и научных исследованиях. Прочностные испытания проводят при приложении на исследуемые образцы статических (на прессах) или динамических (на копрах) нагрузок, которые обеспечивают разрушение породы.

При прочностных испытаниях пород для получения сопоставимых показателей следует учитывать, что на эти показатели влияют форма и размеры образцов горных пород, поэтому для определения того или иного показателя изготавливают одинаковые породные образцы (зависимость прочности от размеров образцов получила название масштабного фактора и объясняется наличием дефектов и неоднородностей в породе). Наиболее распространено определение предела прочности пород при одноосном статическом сжатии.

Сущность опытов сводится к сжатию на прессе вплоть до разрушения цилиндрического породного образца ($d = h = 40 - 45$ мм, где d и h — соответственно диаметр и высота образца) с фиксацией разрушающей нагрузки. Предел прочности $\sigma_{сж}$ вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки на площадь поперечного сечения образца. Для многих пород предел прочности на сжатие составляет от 5 до 200 МПа. Представляет значительный практический интерес поведение пород не только при одностороннем, но и при всестороннем (объемном) сжатии. Опыты по всестороннему сжатию породных образцов ведут на прессах, образцы помещают в гидравлические приборы — стабиометры. При объемном сжатии увеличиваются прочность и пластичность пород. Прочность пород зависит от времени воздействия на них нагрузки; при длительном воздействии сжимающих или других напряжений прочность пород, называемая долговременной, снижается.

Пределы прочности на растяжение, сдвиг и тем более на изгиб определяют значительно реже, и получаемые показатели используют преимущественно в научно-исследовательских целях.

Горнотехнические характеристики пород

Показатели горнотехнических характеристик пород — абразивности, буримости и взрываемости — определяют эффективность основного процесса горных работ — разрушения пород. Эти показатели используют главным образом для целей нормирования (времени, труда, материалов и энергии), а также при выборе режимов и средств выполнения отбойки пород и некоторых других технологических операциях.

Под абразивностью пород понимают их способность изнаши-

вать (при трении) породоразрушающий инструмент или другие контактирующие с породой рабочие органы горных машин; материалы и конструкции изнашиваемых деталей должны выбираться с учетом абразивности пород. Абразивность пород зависит от твердости, формы и размеров зерен минералов, прочности связей между зернами, однородности и пористости породы. Абразивность пород устанавливают в лабораторных и производственных условиях.

Один из наиболее простых способов определения абразивности пород заключается в оценке интенсивности истирания вращающегося стального стержня при трении о необработанную поверхность породного образца. Стержень вращается шпинделем настольного сверлильного станка, износ стержня устанавливают по уменьшению массы после определенного количества оборотов при регламентируемой подаче, показатель абразивности породы a выражается в уменьшении массы металла (в мг); значение показателя абразивности породы меняется от 5 (например, мрамора) до 65—90 (гранитов, диоритов). В производственных условиях абразивность определяют при бурении скважин по уменьшению массы или изменению степени затупления бурового инструмента, а также по снижению скорости бурения.

Под буримостью понимают сопротивляемость породы разрушающему действию инструмента в процессе бурения. Эта характеристика в наибольшей степени обуславливает эффективность буровых работ при проведении горно-разведочных выработок и разведочном бурении. Буримость характеризуется временем, затрачиваемым на бурение 1 м скважины. Показатель буримости зависит не только от свойств породы, но и от ряда технологических факторов, поэтому обычно его определяют непосредственно в производственных условиях применительно к конкретному виду бурения и типу бурового оборудования. При этом бурение осуществляют в соответствии с инструкциями, регламентирующими все параметры испытаний. Взрываемостью породы называют ее сопротивляемость разрушению при взрывной отбойке от массива. Взрываемость пород обычно оценивают удельным расходом ВВ, т. е. количеством взрывчатого вещества (в кг), необходимым для разрушения 1 м³ породы в массиве.

Во многих случаях при производстве горно-разведочных работ с использованием ВВ взрываемости пород не придают значения, например, при установлении нормативов на проходку выработок пользуются только характеристикой буримости пород. В результате этого нередко возникают недоразумения, так как между буримостью и взрываемостью пород далеко не всегда прослеживаются взаимосвязи. Один из способов определения взрываемости сводится к взрыванию в породном массиве забоя геологоразведочной выработки одиночных зарядов ВВ и установлению объема образующихся полостей.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

При проектировании горных пород пользуются различными классификациями пород, в которых породы разделены на классы по физическим характеристикам, определяющим выбор способа или эффективность выполнения технологических процессов.

Например, породы разделяют на группы по трудности отбойки, причем термин «отбойка» часто заменяют термином «выемка» с учетом того, что операция отделения породы от массива может совмещаться с удалением горной массы из забоя. Приведем одну из классификаций.

1. Сыпучие рыхлые породы, состоящие из несвязных или слабосвязных частиц, которые отделяются от массива с минимальными усилиями. Отбойка этих пород, совмещаемая с удалением их из забоя, может осуществляться машинами, струей воды или вручную. К породам этой группы относят песок, гравий, растительный почвенный слой, торф.

2. Относительно плотные, мягкие породы, состоящие из связанных между собой частиц небольших размеров. Отделение этих пород от массива также достигается при незначительных затратах энергии. Машинная выемка наиболее приемлема для таких пород. Во вторую группу включают глины, суглинки, лёсс и т. п.

3. Хрупкие (полускальные) породы со значительной твердостью, но эффективно разрушаемые механическим способом. В ряде случаев процессу выемки таких пород предшествует предварительное разупрочнение (рыхление, оттаивание мерзлых пород). К этой группе относят глинистые сланцы, известняки, мергель, мел, мерзлые осадочные породы.

4. Крепкие (скальные) породы, процесс выемки которых осуществляется при обязательном предварительном разрушении взрывом. В эту группу включают большинство изверженных пород и некоторые осадочные породы, например крепкие песчаники, известняки, доломиты и т. п.

Одна из наиболее широко используемых — классификация пород по крепости, составленная в 1926 г. известным русским ученым М. М. Протодяконовым. Разделение пород на классы произведено по коэффициенту крепости f , приближенно характеризующему сопротивление пород разрушению.

Коэффициент крепости пород может быть определен различными способами, основной среди которых — установление предела прочности пород на сжатие. Коэффициент крепости вычисляют по следующему выражению: $f = 0,01 \sigma_{сж}$. Классификация пород по крепости приведена в табл. 1.1. Многолетняя практика использования классификации, предложенной М. М. Протодяконовым, дает основание считать, что расчетные формулы, в которые входит коэффициент f , обеспечивают получение достаточно точных для практических целей результатов.

Т а б л и ц а 1.1. Классификация горных пород по крепости

Категория	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости
1	2	3	4
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты, базальты и т. п.	20,0
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы; кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец; менее крепкие, нежели указанные выше, кварциты; самые крепкие песчаники и известняки	15,0
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы, очень крепкие песчаники и известняки, кварцевые рудные жилы, крепкий конгломерат, очень крепкие железные руды	10,0
IIIa	»	Известняки (крепкие), некрепкий гранит, крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчеданы	8,0
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник, железные руды	6,0
IVa	То же	Песчанистые сланцы, сланцевые песчаники	5,0
V	Средние	Крепкий глинистый сланец, некрепкие песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4,0
Va	»	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3,0
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, антрацит, обыкновенный мергель, разрушенный песчаник, сцементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2,0
VIa	То же	Щебенистый грунт, разрушенный сланец, слежавшиеся галька и щебень, крепкий каменный уголь, отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная), мягкий каменный уголь, глинистый грунт	1,0
VIIa	»	Мягкая песчанистая глина, лёсс, гранит	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля, торф, мягкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мягкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лёсс и другие разжиженные грунты	0,3

Помимо приведенных классификаций технологические характеристики пород оценивают также по другим классификациям, например буримости или взрываемости пород. Широко используют классификацию пород по буримости при проектировании и расчетах норм выработки на бурение в процессе проведения горных выработок; классификация, предусматривающая разделение пород на 20 категорий, рекомендована Министерством геологии

СССР в Единых нормах выработки (ЕНВ). Сопоставление категорий пород по этой классификации с показателем крепости пород f (по М. М. Протодяконову) представлено ниже.

Категория пород по									
ЕНВ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Коэффициент крепости f	0,1	0,3	0,5	0,8—1,0	1,2	1,6	2,0	2,0—3,0	
Категория пород по									
ЕНВ	IX	X		XI		XII		XIII	
Коэффициент крепости f	3,0—4,0	4,0		5,0—6,0		6,0—7,0		8,0—9,0	
Категория пород по									
ЕНВ	XIV	XV		XVI		XVII		XVIII	
Коэффициент крепости f	9,0—10,0	11,0—12,0		13,0—15,0		16,0—17,0		17,0—18,0	
Категория пород по									
ЕНВ	XIX	X							
Коэффициент крепости f	18,0—19,0	20,0							

С учетом этих данных породами малой крепости будем считать породы, отнесенные к I—V категориям по буримости, средней крепости — к VI—X категориям, крепкими — XI—XV категориям и весьма крепкими — к XV—XX категориям. Рассчитывая многие параметры проходческих работ, будем пользоваться коэффициентом крепости пород f или их категориями по ЕНВ.

На технологию горных работ существенно влияет трещиноватость породных массивов. Трещиноватость характеризуется количеством и размерами трещин, по этим признакам различают следующие породы.

1. Нетрещиноватые — без видимых невооруженным глазом трещин.

2. Трещиноватые — с видимыми неглубокими трещинами, расположенными в массиве в различных направлениях на сравнительно значительных расстояниях (50—100 см).

3. Сильнотрещиноватые — с глубокими, хорошо видимыми трещинами, располагающимися на расстоянии 10—30 см одна от другой.

Важные характеристики породных массивов — водообильность и водопроницаемость, а в осадочных отложениях, кроме того, — мерзлое или талое их состояние.

Крепость и трещиноватость пород, а также влажность и мерзлое или талое состояние сыпучих, слабосвязных и мягких пород определяют их устойчивость — способность не обрушаться при значительных обнажениях снизу или с боков. От устойчивости породных массивов, в которых проходит горная выра-

ботка, зависят технология ее проведения и сложность мероприятий, обеспечивающих сохранность этой выработки. Классификации пород по устойчивости в процессе проходческих работ носят несколько условный характер, ниже приводится одна из них.

1. Весьма неустойчивые — не допускающие даже незначительных по площади обнажений и требующие незамедлительных мероприятий по их упрочнению (укреплению).

2. Неустойчивые — допускающие на короткое время небольшие обнажения и требующие их прочного укрепления.

3. Средней устойчивости — допускающие на непродолжительное время обнажения значительных площадей с последующим их укреплением.

4. Устойчивые — допускающие обнажения значительных площадей и не требующие их укрепления.

Глава 2

БУРЕНИЕ ШПУРОВ И БУРИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

Разрушение породы с использованием энергии взрыва широко распространено. Для обеспечения эффективности взрывной отбойки пород ВВ необходимо размещать внутри породного массива в искусственно создаваемых полостях (зарядные камеры).

В качестве зарядных камер используют в основном скважины различных размеров. При диаметре скважин до 75 мм и глубине до 5 м их называют шпурами, при более значительных размерах — взрывными скважинами (относительно редко ВВ размещают непосредственно в специальных горных выработках, называемых минными).

Определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, называют зарядом. В зависимости от типа взрывных камер различают следующие методы отбойки пород зарядами, которые расположены:

- 1) в шпурах (шпуровые заряды);
- 2) во взрывных скважинах (скважинные заряды);
- 3) в минных выработках (камерные заряды).

При проведении разведочных выработок взрывная отбойка горных пород почти во всех случаях осуществляется с использованием шпуровых зарядов. Область распространения отбойки скважинными зарядами при разведке месторождений ограничивается проведением в некоторых случаях открытых и иногда подземных горных выработок. Отбойку пород, выполняемую взрыванием камерных зарядов, используют только на горных предприятиях; при разведке месторождений она практически не применяется.

Таким образом, при горно-разведочных работах производству взрывной отбойки предшествует в основном бурение шпуров.

Комплекс взаимосвязанных технологических процессов: бурение шпуров (скважин), размещение в них зарядов ВВ (заряжание) и взрывание этих зарядов — получил название буровзрывных работ (БВР).

При разведке месторождений буровзрывные работы наиболее широко используют в процессе проведения горных выработок, реже БВР применяют в геологоразведочных партиях при прокладке наземных транспортных трасс в гористой местности и при сооружении производственных площадок, с которых осуществляют разведочное бурение или проводят подземные горные выработки.

Если отбойка от массива сыпучих, рыхлых и мягких пород при разведке месторождений достаточно эффективно осуществляется машинами или даже вручную, то с повышением крепости пород все большее значение для этого процесса приобретают буровзрывные работы. Эти работы наиболее распространены при отбойке пород средней и выше средней крепости (коэффициент крепости $f > 5$). По мере увеличения крепости пород процесс БВР усложняется — возрастают энергоемкость и время, затрачиваемое на бурение, увеличивается объем буровых работ вследствие того, что появляется необходимость размещения в зарядных камерах все большего количества ВВ. Естественно, что в этих условиях растет и стоимость производства буровзрывных работ.

§ 2. СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ

Процесс бурения, осуществляемый различными способами, включает две, как правило, совмещаемые во времени операции: отделение от забоя, сопровождаемое разрушением породы, и удаление из шпура или скважины горной мелочи (буровой шлам).

В условиях геологоразведочных работ породу при бурении разрушают с помощью передачи на забой шпура (скважины) через буровой инструмент механических нагрузок. Этот вид бурения называют механическим. При механических способах бурения на забой передаются сжимающие нагрузки, вызывающие в породе напряжения сжатия, которые трансформируются в напряжения сдвига, среза, растяжения. Когда величина этих напряжений превышает предел прочности, забой разрушается.

Вторая операция — удаление шлама из шпура (скважины) — осуществляется водой, воздушной струей или механически.

Перейдем к краткому рассмотрению способов разрушения породы. Механические способы бурения шпуров разделяют на ударно-поворотный, вращательный, ударно-вращательный и вращательно-ударный. Отличительные особенности этих способов — характер приложения нагрузки и вид породоразрушающего бурового инструмента.

При ударно-поворотном способе бурения породоразрушающим инструментом (долото) по забою шпура наносят удары. При ударе долото внедряется в породу и разрушает ее поверхностный слой, в результате чего на забое по диаметру шпура образуется углубление в виде канавки. После удара буровой инструмент поворачивается на некоторый угол относительно оси шпура, и при следующем ударе разрушается порода, расположенная не только непосредственно под долотом, но и скалывается довольно значительный объем породы в сторону ранее образовавшегося углубления.

Таким образом, порода разрушается только в процессе соударения инструмента с поверхностью забоя, поворот же инструмента не сопровождается разрушением породы, а осуществляется с целью повышения эффективности разрушения ее при очередном ударе.

Ударно-вращательный способ может использоваться при бурении пород различной крепости, но особенно целесообразен он при бурении шпуров в крепких и весьма крепких породах с коэффициентом крепости $f \geq 10$. Буровой шлам из шпура удаляют с помощью его непрерывной промывки или продувки. При этом вода или сжатый воздух подается на забой шпура по каналам в буровом инструменте.

При вращательном способе бурения шпуров разрушение породы достигается при непрерывно вращающемся и прижимаемом к забою буровом инструменте.

Технология процесса разрушения породы проста и аналогична сверлению отверстий в кирпичной или бетонной стенке. При этом резцы, являющиеся рабочим органом вращающегося инструмента, перемещаются в шпуре по винтовой линии и непрерывно срезают стружку породы с забоя. Внедрение режущих лезвий в породу достигается при значительных величинах вращательного момента и усилия подачи, резко возрастающих с повышением крепости породы, поэтому способ вращательного бурения шпуров наиболее распространен в породах средней и ниже средней крепости (максимальная эффективность достигается при бурении пород с коэффициентом крепости $f = 4 \div 8$).

Шлам из шпура удаляют механическим способом или промывкой.

Разрушение породы вращательно-ударным способом бурения шпуров обусловлено тем, что на непрерывно вращающийся и прижимаемый к забою породоразрушающий инструмент для интенсификации его внедрения в породу наносятся удары. Под воздействием ударных импульсов возрастает глубина внедрения бурового инструмента за каждый его оборот, что обеспечивает существенное увеличение скорости бурения и возможность эффективного применения способа в крепких породах. Вращательно-ударный способ используют преимущественно при бурении шпуров

в породах с коэффициентом крепости $f=8 \div 16$. Шлам удаляют промывкой шпуров.

Взрывные скважины бурят, как правило, вращательным и вращательно-ударным способами.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН ДЛЯ БУРЕНИЯ ШПУРОВ

Шпуры бурят с использованием компактных, транспортабельных бурильных машин относительно небольшой мощности. Эти особенности бурильных машин обеспечивают удобство их эксплуатации в горных выработках; в условиях разведки месторождений они облегчают перевозку оборудования к месту производства работ и позволяют бурить шпуры при небольшой энерговооруженности ГРП.

Бурильные машины оборудуют индивидуальными силовыми приводами — пневматическими, электрическими или встроенными в корпус двигателями внутреннего сгорания. В соответствии с этим бурильные машины с пневматическими двигателями необходимо обеспечивать сжатым воздухом, подаваемым от компрессоров по воздухопроводам, бурильные машины с электродвигателями снабжаются электроэнергией по кабелям. Бурильные машины с двигателями внутреннего сгорания не нуждаются в подводе того или иного вида энергии, а эксплуатируются, потребляя жидкие топливные бензино-масляные смеси.

При значительных объемах бурения шпуров в определенных горно-геологических условиях становится целесообразным использование более мощного и производительного оборудования — бурильных установок, имеющих пневматические или электрические силовые приводы.

Исходя из рассмотренных выше способов бурения шпуров бурильные машины разделяют на следующие:

- 1) ударно-поворотного действия — перфораторы;
- 2) вращательного действия — сверла;
- 3) вращательно-ударного действия — колонковые перфораторы и бурильные головки, монтируемые преимущественно на специальных бурильных установках (буровых каретках).

При разведке месторождений полезных ископаемых шпуры в подавляющем большинстве случаев бурят перфораторами и сверлами.

В геологоразведочных партиях наиболее распространены *пневматические перфораторы*. В особых условиях проведения горных выработок при отсутствии достаточно мощных энергетических источников применяют перфораторы с двигателями внутреннего сгорания, называемые мотоперфораторами (бензоперфораторы).

Пневматические перфораторы массой до 33 кг называют переносными (ПП). Бурение шпуров переносными перфораторами осу-

ществляется с использованием простейших поддерживающих устройств (пневмоподдержек) или ручной подачи (поэтому переносные перфораторы ранее назывались ручными). Переносные перфораторы применяют в подземных и открытых горных выработках для бурения горизонтальных, наклонных и направленных вниз шпуров. В подземных выработках для бурения направленных вверх шпуров применяют *телескопные перфораторы* (ПТ). Масса телескопных перфораторов, используемых в геологоразведочных выработках, достигает 50 кг.

При проходке подземных выработок горизонтальные и наклонные шпуры в крепких породах можно бурить *колонковыми перфораторами* (ПК), имеющими значительную мощность и массу 100 кг и более. Для бурения ПК монтируют на распорных колонках, специальных поддерживающих устройствах (манипуляторы) или на буровых установках.

Мотоперфораторы используют для бурения нисходящих или наклонных шпуров преимущественно в процессе проходки открытых горных выработок. Масса мотоперфораторов составляет 30 кг.

Менее распространены при проведении разведочных вырабо-

Т а б л и ц а 2.1

Тип	Вид энергии	Подача на забой	Области применения
<i>Бурильные машины ударно-поворотного действия</i>			
Переносные перфораторы	Пневматическая	Ручная или механическая	Бурение горизонтальных, слабонаклонных и направленных вниз шпуров в породах различной крепости
Колонковые перфораторы	»	Механическая	Бурение горизонтальных и слабонаклонных шпуров в крепких породах
Телескопные перфораторы	»	»	Бурение направленных вверх шпуров в породах различной крепости
Мотоперфораторы	Привод с двигателем внутреннего сгорания	Ручная	Бурение преимущественно слабонаклонных и направленных вниз шпуров в крепких породах
<i>Бурильные машины вращательного действия</i>			
Ручные сверла	Электрическая	Ручная	Бурение горизонтальных, слабонаклонных и направленных вниз шпуров в породах ниже средней и средней крепости
Колонковые сверла	»	Механическая	Бурение горизонтальных и слабонаклонных шпуров в породах средней и выше средней крепости
Мотобуры	Привод с двигателем внутреннего сгорания	Ручная	Бурение слабонаклонных и направленных вниз шпуров в породах ниже средней и средней крепости

ток сверла, основная причина этого — затрудненность или невозможность бурения шпуров в крепких породах.

Электрические сверла разделяют на ручные (масса до 24 кг) и колонковые, монтируемые на распорных колонках, манипуляторах или буровых каретках (масса колонковых электрических сверл достигает 130 кг).

Пневматические сверла практически не применяют при проведении горных выработок в процессе геологоразведочных работ, они используются в основном на угольных шахтах, в выработки которых выделяются горючие газы и пыль, образующие с воздухом взрывоопасные смеси.

Сверла с двигателями внутреннего сгорания (мотобуры) применяют при проведении открытых горных выработок в мягких некрепких породах; эти ручные бурильные машины имеют массу до 15 кг.

При больших объемах проходческих работ, осуществляемых в крепких породах, в процессе проведения подземных горизонтальных выработок применяют мощные пневматические машины вращательно-ударного действия, монтируемые на бурильных установках.

В табл. 2.1 приведены общие сведения о наиболее часто используемых при геологоразведочных работах бурильных машинах.

§ 4. ПЕРЕНОСНЫЕ, КОЛОНКОВЫЕ И ТЕЛЕСКОПНЫЕ ПЕРФОРАТОРЫ

Переносные перфораторы

Перфоратор представляет собой пневматическую машину, которая преобразует энергию сжатого воздуха, подаваемого под давлением 0,5 МПа, в энергию перемещения в цилиндре поршня.

Главные части переносного перфоратора (рис. 2.1) — корпус, в который вмонтированы поршень 5, воздухораспределительный и поворотный механизмы. Опишем конструкцию ПП и принцип взаимодействия деталей в процессе работы бурильной машины. Подводимый к перфоратору по резиновому шлангу сжатый воздух через пусковой кран 1 поступает в воздухораспределительное клапанное устройство 3, из которого по каналам в корпусе (изображено пунктирными стрелками) попадает попеременно то в рабочую полость цилиндра 4 (располагающуюся на схеме слева от поршня 5), то в правую полость. В соответствии с этим поршень под давлением сжатого воздуха совершает поступательно-возвратные движения. В конце поступательного движения, называемого рабочим ходом, шток поршня ударяет по хвостовику бурового инструмента 6. При этом отработанный воздух из рабочей полости цилиндра выходит в атмосферу через отверстие 7 в корпусе перфоратора.

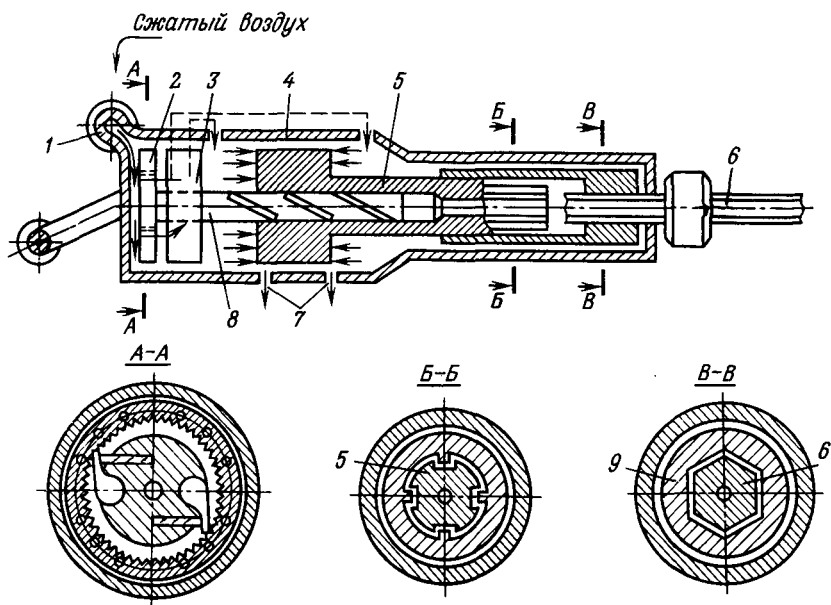


Рис. 2.1. Принципиальная схема пневматического перфоратора

При поступлении сжатого воздуха в правую полость цилиндра осуществляется возвратное движение поршня, одновременно он поворачивается на некоторый угол вокруг оси с помощью поворотного механизма; отработанный воздух из левой полости выходит в атмосферу через отверстие 7. Механизм поворота поршня состоит из храповой буксы 2, стержня 8 с винтовыми пазами (называемого иногда геликоидальным) и перемещаемого по нему поршня 5, передающего вращательное движение поворотной буксе 9. Букса поворачивает вставленный в нее бур 6 после его каждого поступательного движения вследствие удара поршня.

Для удаления породной мелочи из буримых шпуров перфораторы оборудуют устройствами, обеспечивающими промывку, продувку шпуров или отсос из них шлама.

Промывка, продувка или пылеотсос осуществляются по специальным каналам в буровом инструменте. В практике горно-проходческих работ наиболее распространена промывка шпуров. Применяют два способа промывки шпуров: при первом (осевая или центральная промывка) буровой раствор подается в канал бура через перфоратор, при втором (боковая промывка) — минуя его.

Продувку или пылеотсос осуществляют в тех случаях, когда подача бурового раствора в шпур невозможна или нежелательна (например, при производстве работ в безводных районах,

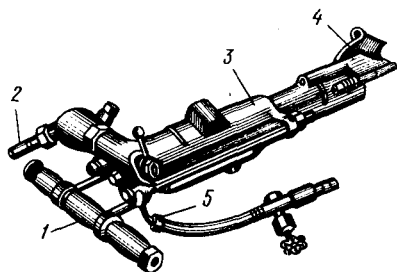
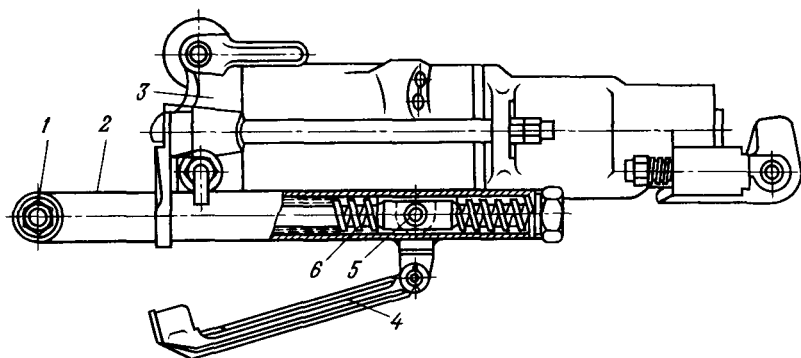


Рис. 2.2. Общий вид переносного перфоратора:

1 — рукоятка; 2 — воздушный шланг; 3 — корпус; 4 — буродержатель; 5 — водяной патрубок

Рис. 2.3. Переносной перфоратор с виброгасящей кареткой:

1 — рукоятка; 2 — корпус каретки; 3 — перфоратор; 4 — вилка крепления каретки; 5 — кронштейн; 6 — пружина



при бурении шпуров в мерзлых или сильнообводненных породах).

Общий вид переносного перфоратора представлен на рис. 2.2. В табл. 2.2 приведены характеристики переносных перфораторов.

При ручном бурении и с помощью пневмоподдержек вибрация перфоратора передается бурильщику, что повышает его утомляемость и сказывается на состоянии здоровья. Защита бурильщика обеспечивается за счет установки на перфораторе виброгасящих кареток — пружинных устройств с рукояткой, масса которых составляет от 4 до 5 кг (рис. 2.3).

Переносные перфораторы используют для бурения шпуров в породах практически любой крепости, при проведении открытых и главным образом подземных горных выработок. Однако бурение шпуров в породах средней и ниже средней крепости ($f \leq 6$) сверлами (вращательным способом) предпочтительнее, так как оно более производительное и менее энергоемко.

Переносными перфораторами бурят горизонтальные, слабонаклонные и направленные вниз шпуры (при небольших объемах работ по бурению шпуров, направленных вверх, применение ПП также возможно, однако работа бурильщика становится тяжелой и малопродуктивной).

Т а б л и ц а 2.2. Характеристики переносных перфораторов

Марка	Назначение	Способ очистки шпура	Энергия удара, Дж	Частота ударов, с ⁻¹	Крутящий момент, Н·м	Расход воздуха, м ³ /мин	Масса, кг
ПП136В	Ручное бурение или с помощью пневмоподдержек горизонтальных и слабонаклонных шпуров диаметром 32—40 мм и глубиной до 2,5 м преимущественно в крепких и средней крепости породах	Осевая промывка	35	38	20	2,4	24,0
ПП150В	Бурение с помощью пневмоподдержек или ручное горизонтальных и слабонаклонных шпуров диаметром 32—40 мм и глубиной до 3 м преимущественно в крепких породах	То же	50	34	20	2,4	25,0
ПП154В	Бурение в основном с помощью пневмоподдержек горизонтальных или слабонаклонных шпуров диаметром 40—46 мм и глубиной до 4 м преимущественно в крепких породах	»	54	39	29	3,6	31,5
ПП154ВБ	То же	Боковая промывка	54	39	29	3,6	31,5
ПП63В	»	Осевая промывка	64	30	27	3,4	33,0
ПП63ВБ	»	Боковая промывка	64	30	27	3,4	33,0
ПП63С	Ручное бурение направленных вниз шпуров диаметром 46 мм и глубиной до 5 м в обводненных породах различной крепости	То же	64	30	27	3,6	33,0
ПП63П	Бурение с помощью пневмоподдержек горизонтальных и слабонаклонных шпуров диаметром до 46 мм и глубиной до 5 м в породах различной крепости	Пылеотсос	64	30	27	3,6	33,0
ПП63СВП	Бурение преимущественно направленных вниз шпуров в обводненных породах	Интенсивная продувка и повышение давления пылью методом увлажнения	64	30	27	3,6	33,0

Переносные перфораторы находят применение для производства буровзрывных работ при сооружении дорог и производственных площадок в гористой местности.

Колонковые перфораторы

При значительных масштабах работ по бурению горизонтальных и слабонаклонных шпуров, особенно в крепких и весьма крепких породах, становится целесообразным использование колонковых перфораторов. Колонковые перфораторы применяют при горно-разведочных работах реже, чем ПП: область их использования ограничивается производством буровзрывных работ при проведении подземных, преимущественно горизонтальных выработок.

Шпуры бурят колонковыми перфораторами с достаточно прочных распорных колонок и других поддерживающих устройств или машин, при этом подача перфораторов на забой осуществляется не вручную, а механизмами, называемыми податчиками.

Наиболее совершенные мощные ПК относятся к бурильным машинам вращательно-ударного действия. Эти перфораторы снабжены ударным и воздухораспределительным механизмами, аналогичными по принципу действия механизмам ПП. Вращатель бура, состоящий из статора и ротора с воздухораспределительным золотником, представляет собой своеобразный пневматический мотор, который непрерывно вращает буровой инструмент.

Шлам из шпуров удаляют промывкой и продувкой. С целью снижения интенсивности шума, производимого работающим перфоратором, он оборудуется глушителем. На рис. 2.4 изображен общий вид колонкового перфоратора с независимым вращением бура. Основные параметры некоторых конструкций колонковых перфораторов с независимым вращением буров представлены ниже.

Марка перфоратора	ПК50	ПК60	ПК75
Энергия удара, Дж	88	88	147
Частота ударов, с ⁻¹	33	41	33
Крутящий момент, Н·м	49	157	216
Расход воздуха, м ³ /мин	9,0	9,2	12,0
Масса, кг	50	60	75

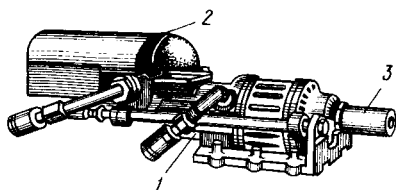


Рис. 2.4. Колонковый перфоратор с независимым вращением бура:

1 — корпус перфоратора, в передней части которого размещается вращатель; 2 — глушитель; 3 — патрон для бурового инструмента

Телескопные перфораторы

Телескопные перфораторы используют в подземных горных выработках для бурения шпуров, направленных вверх под углом от 60 до 90° к горизонту. Телескопными перфораторами бурят породы различной крепости (от средних до весьма крепких).

Конструктивная особенность ПТ (рис. 2.5) состоит в том, что пневмоперфоратор 2 соосно соединен с телескопическим устройством (податчик) 4, обеспечивающим поддержание и подачу пневмоперфоратора на забой в процессе бурения шпуров. Таким образом, телескопный перфоратор представляет собой комплекс из бурильной машины и податчика.

Конструкция бурильной машины, размещенной над податчиком, подобна конструкции переносного перфоратора и включает корпус, поршень, воздухораспределительный и поворотный механизмы. Телескопический податчик состоит из пневматического цилиндра, в котором находится поршень со штоком, имеющим в нижней части вилкообразный упор (сошка). Под воздействием поступающего в цилиндр податчика сжатого воздуха поршень перемещается вниз, в результате чего обеспечиваются фиксация ПТ в необходимом рабочем положении и подача его на забой при бурении шпура. Органы управления пневмоперфоратором в процессе его установки и бурения размещены на рукоятке 2, смонтированной на корпусе пневмоперфоратора.

Перфоратор оборудуется шумогасящими и антивибрационными устройствами. При бурении шпур очищается от шлама интенсивной промывкой.

Основные параметры ПТ приведены ниже.

Марка перфоратора	ПТ-29м	ПТ-36м
Энергия удара, Дж	45	80
Частота ударов, с ⁻¹	40	43
Крутящий момент, Н·м	21	30
Усилие подачи телескопического устройства, Н	1300	1750
Расход воздуха, м ³ /мин	4,0	4,2
Масса, кг	44	52

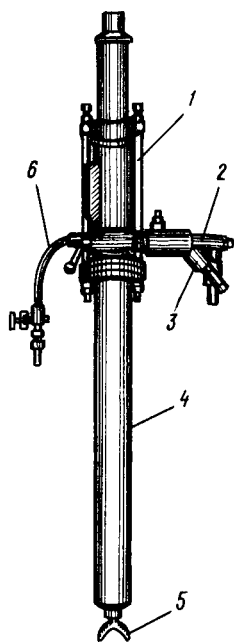


Рис. 2.5. Телескопный перфоратор:

1 — пневмоперфоратор; 2 — рукоятка управления; 3, 6 — воздушный и водяной патрубки; 4 — телескопический податчик; 5 — упор

В процессе работы переносных, колонковых и телескопных перфораторов в них, кроме сжатого воздуха и бурового раствора, должна подаваться смазка, обеспечивающая снижение трения между движущимися относительно друг друга деталями и уменьшение износа их поверхностей. Смазочное масло поступает в перфоратор из автомасленки, устанавливаемой на воздухоподводящем шланге.

§ 5. БУРИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Электросверла

Бурильные машины вращательного действия, называемые электро-сверлами, разделяют на ручные и колонковые. Оптимальная область применения ручных электросверл ограничивается бурением шпуров в породах средней и ниже средней крепости ($f < 5$), а колонковых электросверл — в более крепких породах ($f = 5 \div 8$). Этими ограничениями, в частности, объясняется относительно

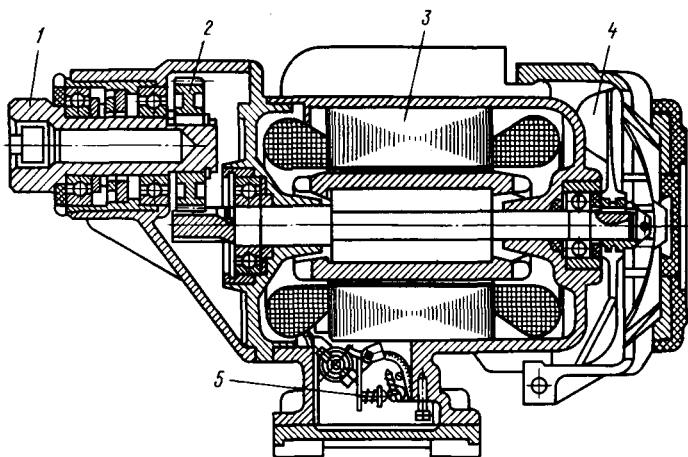


Рис. 2.6. Ручное электросверло:

1 — шпиндель; 2 — редуктор; 3 — электродвигатель; 4 — вентилятор; 5 — выключатель

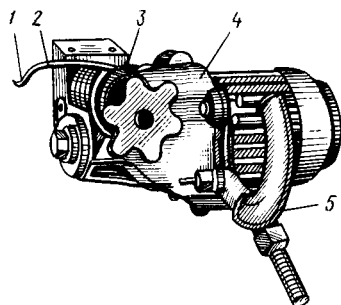


Рис. 2.7. Ручное электросверло с механизмом принудительной подачи:

1 — крюк для закрепления троса; 2 — трос; 3 — барабан лебедки; 4 — корпус редуктора; 5 — рукоятка сверла

редкое (по сравнению с перфораторами) применение электросверл при горно-разведочных работах, хотя преимущества их в отношении снижения энергоемкости и повышения эффективности буровых работ весьма существенны.

Ручные электросверла массой до 25 кг используют для бурения шпуров в открытых или подземных горных выработках. Диаметр шпуров до 46 мм, глубина до 3 м; шпуровые буровые инструменты могут буриться в различных направлениях.

Схема ручного электросверла представлена на рис. 2.6. Электродвигатель сверла вмонтирован в легкий корпус из алюминиевого сплава, причем статор его впрессован в этот корпус, а ротор с валом установлен на подшипниках (на одном конце вала насажена шестерня редуктора, на другом — вентилятор, предназначенный для охлаждения электродвигателя). В передней части корпуса электродвигателя смонтирован корпус редуктора, снижающего частоту вращения вала двигателя и шпинделя бурового инструмента. К другому концу корпуса электродвигателя крепят алюминиевый колпак, закрывающий вентилятор.

В простейших конструкциях электросверл осевая нагрузка на забой осуществляется вручную. Более удобны для эксплуатации электросверла с механизмом принудительной подачи (рис. 2.7). При этом в выработке около забоя устанавливают легкую винтовую распорную колонку, в которой и закрепляется крюк троса податчика.

Техническая характеристика ручных электросверл приведена ниже.

Марка электросверла	ЭР14Д-2М	СЭР-19М	ЭР18Д-2М	ЭРП18Д-2М
Мощность электродвигателя, кВт	1,0	1,2	1,4	1,4
Частота вращения, с ⁻¹	14	12	11	5
Масса, кг	16,5	16,5	18,0	24,0

Примечания. 1. Напряжение питания источника переменного тока 127 В. 2. Электросверло ЭРП18Д-2М снабжено канатным податчиком.

В процессе бурения шлам из шпура удаляют механическим способом — шнекообразными штангами бурового инструмента.

Колонковые электросверла (более мощные по сравнению с ручными) применяют в отдельных случаях проведения подземных горизонтальных горно-разведочных выработок с достаточно большой площадью поперечного сечения. Особенности этих бурильных машин следующие: наличие приспособления для установки сверла на колонке, увеличенная мощность электродвигателя, механическая или гидравлическая подача бурового инструмента на забой, большая масса и усиленная конструкция всех рабочих деталей.

Приведем некоторые данные колонкового электросверла ЭБГП-1.

Мощность электродвигателя, кВт	2,5
Напряжение, В	380/660
Частота вращения, с^{-1}	2,8—5,3
Ход подачи штанги, мм	900
Усилие подачи штанги, кН, не более	15
Масса, кг	130

Шлам из шпуров удаляют промывкой при подаче воды через пустотелые буровые штанги.

Бурильные машины с бензиновыми двигателями

Применение этих машин позволяет механизировать бурение шпуров в условиях проведения поисков и предварительной разведки, когда объем буровзрывных работ незначителен, а достаточно мощных энергетических источников нет. Эти машины небольшой массы удобны для транспортировки в удаленные и труднодоступные районы. Бурильные машины с бензиновыми двигателями по принципу воздействия бурового инструмента на породу делят на ударно-поворотные (мотоперфораторы) и вращательные (мотобуры).

Мотоперфораторы наиболее эффективны при бурении неглубоких (до 4 м) шпуров в относительно мягких и средней крепости породах с коэффициентом крепости f от 2 до 6.

На рис. 2.8 представлен общий вид легкого мотоперфоратора; ниже приведена техническая характеристика отечественного перфоратора МП-1 «Смена».

Энергия удара бойка, Дж	30
Частота ударов бойка, с^{-1}	47
Габаритные размеры, мм	$250 \times 325 \times 750$
Масса перфоратора, кг	30
Вместимость топливного бака, л	1,9

В качестве топлива используется смесь бензина А-72 (А-74) с маслом МС-30 или МК-22 в соотношении 12:1 и 15:1 соответственно.

Рабочее положение перфоратора (определяющее направление бурения шпуров) может меняться от вертикального вниз до наклонного вверх под углом 45° к горизонту. Мотоперфоратор снабжен виброгасящим устройством, вследствие чего вибрация его рукояток не превышает санитарно допустимую норму.

Для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости $f \leq 4$ может использоваться мотобур М-1 (предназначенный в основном для отбора проб при геологических и поисковых работах).

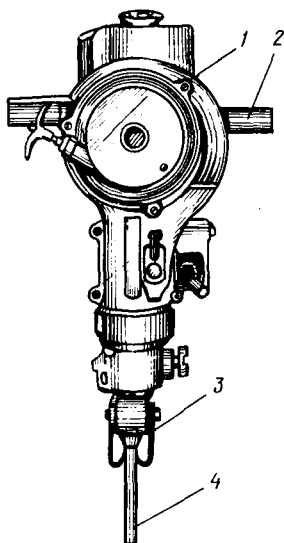


Рис. 2.8. Мотоперфоратор:

1 — корпус; 2 — рукоятка; 3 — бородер-
жатель; 4 — бур

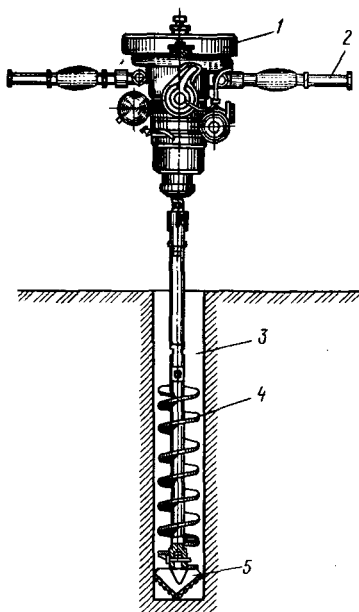


Рис. 2.9. Мотобур:

1 — корпус; 2 — рукоятка; 3 — шпур; 4 —
шнековый бур; 5 — резец

Мотобур (рис. 2.9) обеспечивает вращательное бурение шпуров глубиной до 2 м и диаметром 43 мм.

Техническая характеристика

Частота вращения шпинделя, c^{-1}	4
Двигатель:	
тип	Бензиновый
	«Дружба 4»
мощность, кВт	2,9
Габаритные размеры мотобура, мм	540×450×540
Масса, кг	15

Глава 3

ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И УСТАНОВКИ

§ 1. БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УДАРНО-ПОВОРОТНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ

При бурении порода в забое шпура разрушается буровым инструментом. Качество и конструкция бурового инструмента во многом определяют эффективность бурения шпуров. Буры изго-

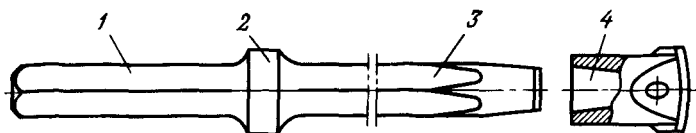


Рис. 3.1. Буровой инструмент для переносного перфоратора:

1 — хвостовик; 2 — бурт; 3 — штанга; 4 — коронка

товляют из легированных сталей, их породоразрушающие инструменты армируют твердыми сплавами.

Буровой инструмент для ударно-поворотного бурения шпуров состоит из штанги и съемной буровой коронки. Штанги буров изготавливают из пустотелых стальных стержней шестигранного или круглого профиля длиной от 400 до 3000 мм. На одном конце штанги для плотного соединения с ней буровой коронки имеется конусная заточка или соединительная резьба, на противоположном для бурения переносными и телескопными перфораторами устанавливаются хвостовики, воспринимающие удары поршня буровой машины и нагрузки вращения.

В буровых штангах, предназначенных для бурения колонковыми перфораторами, хвостовики отсутствуют, так как последние являются деталью перфоратора; вместо хвостовика на конце этих штанг предусмотрены соединительный конус или резьба.

Штанги для бурения переносными бурильными машинами снабжены буртом для удержания бурового инструмента в перфораторе с помощью специального устройства — буродержателя. Общий вид бура для переносных перфораторов с конусным соединением буровой штанги с коронкой представлен на рис. 3.1.

Буровые коронки выпускают различных размеров, с конусным или резьбовым соединением со штангами бура; для переносных и телескопных перфораторов применяют коронки с конусным соединением, для колонковых — с резьбовым.

Коронки снабжены каналами для подачи на забой бурового раствора или отсоса пыли. Рабочую поверхность коронок армируют пластинами или режущими штырями (цилиндрическими вставками) твердого сплава.

Форма коронок довольно разнообразна, преимущественным распространением пользуются долотчатые, крестовые и трехлопастные штыревые коронки (рис. 3.2, а, б и в соответственно).

В табл. 3.1 приведены данные о наиболее распространенных коронках для бурения шпуров перфораторами. Типоразмер коронок обозначается двумя двухзначными цифрами, первая из которых — диаметр коронки, вторая — начальный диаметр посадочного конуса. Например, индексом КДП32-19 обозначается коронка долотчатая, пластинчатая, диаметром 32 мм, с диаметром концевой выемки 19 мм для насадки коронки на штангу. Для

Т а б л и ц а 3.1. Область применения коронок при бурении шпуров перфораторами

Марка коронки	Область применения	Диаметр шпура, мм
<i>Долотчатые коронки</i>		
КДП32-19	Бурение шпуров в вязких монолитных породах с коэффициентом крепости $f \geq 10$ легкими ПП	32
КДП36-22	То же	36
КДП40-25	То же, ПП средней мощности	40
КДП43-25	То же, тяжелыми ПП и ПТ	43
КДП46-25	То же	46
<i>Крестовые коронки</i>		
ККП40-25	Бурение шпуров в вязких трещиноватых породах с коэффициентом крепости $f \geq 10$ ПП средней мощности	40
ККП43-25	То же, ПП или ПТ	43
ККП46-25	То же	46
<i>Трехлопастные штыревые коронки</i>		
КТШ36-22	Бурение шпуров в хрупких и вязких монолитных или трещиноватых породах с коэффициентом крепости $f \geq 10$ легкими ПП	36
КТШ40-25	То же, ПП средней мощности и телескопными перфораторами	40
КТШ43-25	То же	43

бурения шпуров колонковыми перфораторами применяют преимущественно крестовые коронки с резьбовым соединением. Наиболее часто используют коронки БКР-40А, БКР-45А и БКР-50А, позволяющие бурить шпуры диаметрами 40, 45, 50 мм в монолитных или трещиноватых породах любой (преимущественно высокой) крепости.

Буровой инструмент для вращательного бурения шпуров состоит из штанги и съемного резца. Для бурения шпуров ручными электросверлами буровые штанги изготавливают из витой стали с ромбическим поперечным сечением (витую сталь применяют с целью механического удаления шлама из шпура в процессе бурения). При бурении шпуров колонковыми электросверлами с промывкой буровые штанги изготавливают из шестигранной или круглой пустотелой стали.

На одном конце штанги имеется головка для крепления в ней резца, на другом — хвостовик, вставляемый при бурении в патрон шпинделя сверла. Штанги изготавливают различной длины — от 0,8 до 2,8 м.

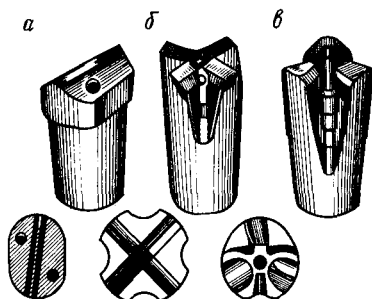


Рис. 3.2. Буровые коронки

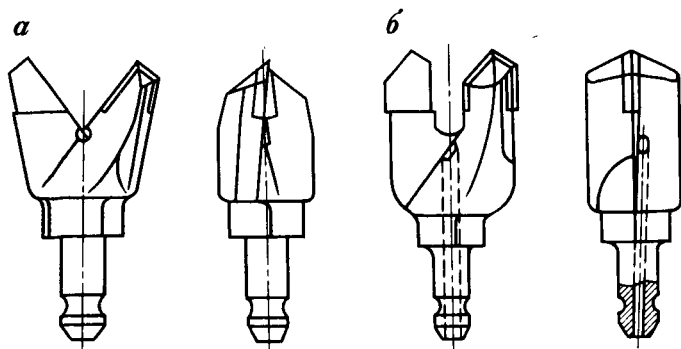


Рис. 3.3. Резцы для бурения электросверлами по углю (а) и породе (б)

Основные элементы резцов — корпус, режущие лопасти, армированные твердым сплавом, и хвостовик. Конструкции лопастного вооружения резцов выбирают в зависимости от крепости горных пород, в которых бурят шпуры. На рис. 3.3 изображены резцы для бурения по углю ($f=1 \div 1,5$) и породам с более значительной крепостью ($f < 5$). Область применения некоторых конструкций резцов приведена в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

Марка резца	Область применения	Диаметр шпура, мм
РУ43	Бурение шпуров ручными сверлами в углях и мягких породах	43
РУ6-1	То же, в крепких углях и сланцах	44
РУ13	Бурение шпуров ручными сверлами в породах с $f < 5$, а колонковыми сверлами — в породах с $f < 6$	42
РП17	Бурение шпуров колонковыми сверлами в породах с $f < 8$	43
БИ741-25	Бурение шпуров колонковыми сверлами с промывкой (соединение со штангой конусное) в породах с коэффициентом $f \leq 8$	42

§ 2. УСТАНОВОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ БУРИЛЬНЫХ МАШИН

При бурении горизонтальных или слабонаклонных шпуров переносными перфораторами целесообразно использовать простейшие поддерживающие устройства — пневмоподдержки, что значительно облегчает труд бурильщика и увеличивает его произ-

водительность. Пневмоподдержка представляет собой пневматический поршень с выдвижным штоком; на верхней головке цилиндра шарнирно укреплен перфоратор, в нижней части штока расположена шпора, упирающаяся в подошву забоя при подаче в цилиндр сжатого воздуха.

Установленная в наклонном положении поддержка создает осевую нагрузку, вертикальная составляющая которой обеспечивает поддержание перфоратора в фиксированном положении, а горизонтальная — подачу его на забой.

Управление осевой нагрузкой, необходимое по мере углубления буримого шпура (а следовательно, перемещения перфоратора на забой и изменения угла наклона пневмоподдержки), производится регулированием количества подаваемого в пневмоподдержку сжатого воздуха. Характеристики различных типоразмеров пневмоподдержек, выбираемых в зависимости от высоты расположения и глубины буримых шпуров, приведены ниже.

Типоразмер	П8	П11	П13
Длина, мм:			
в сдвинутом состоянии	1200	1500	1700
в раздвинутом состоянии	2000	2600	3000
Раздвижное усилие, Н	1716	1716	1716
Масса, кг	17	20	22

При бурении шпуров с помощью пневмоподдержки контакт бурильщика с перфоратором необходим для направления перфоратора на забой, поэтому к перфоратору присоединяют виброгасящую каретку.

Поддерживающими устройствами для колонковых перфораторов и сверл служат винтовые распорные колонки (рис. 3.4).

Типоразмеры винтовых распорных колонок приведены ниже.

Назначение колонки	Для перфораторов			Для электросверл		
Типоразмер	ВК-30	ВК-50	ВК-80	КЭБ-2	КЭБ-3	КЭБ-5
Высота колонки, мм:						
минимальная	2250	2000	1600	1460	2330	2000
максимальная	2430	2300	1900	2400	3200	3000
Масса, кг	30	50	80	35	56	61

Типоразмеры колонок выбирают в зависимости от мощности бурильной машины и высоты горной выработки.

В горизонтальных горных выработках с достаточно большими размерами поперечного сечения шпуры могут буриться колонковыми перфораторами или колонковыми сверлами при помощи подвесных устройств, которые устанавливают на погрузочных машинах, предназначенных для погрузки пород в откаточные сосуды. Эти устройства называют манипуляторами; конструктивно манипулятор выполнен в виде трубчатого рычага, шарнирно соединенного с вертикальной колонкой, которую укрепляют на погрузочной машине.

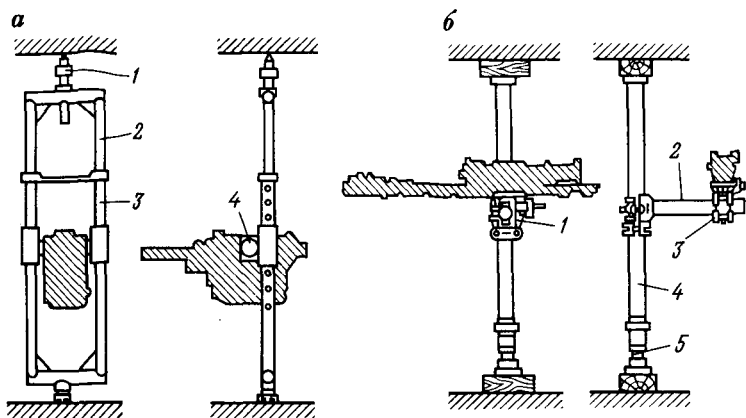


Рис. 3.4. Винтовые распорные колонки:

а — для электросверла: 1 — распорное устройство; 2, 3 — верхняя и нижняя рамы; 4 — серьга для подвески сверла; *б* — для перфоратора: 1 — хомут; 2 — рукав; 3 — седло для крепления податчика с перфоратором; 4 — труба; 5 — распорное устройство

Различают съемные манипуляторы, навешиваемые на погрузочную машину перед каждым оборудованием забоя, и несъемные манипуляторы, оставляемые на погрузочной машине после бурения шпуров. Использование несъемных манипуляторов сокращает время подготовительно-заключительных операций буровых работ, однако эти манипуляторы тяжелее и конструкция их сложнее (рис. 3.5). Стрела 4 манипулятора — шарнирная, складывающаяся после окончания бурения и компактно размещаемая на боковой стенке погрузочной машины. Поворот стрелы по отношению к колонке осуществляется вручную, а подъем — при помощи небольшого мотора с редуктором и наклонной винтообразной тяги. Перфоратор с податчиком укрепляют на вертлюге 3, позволяющем устанавливать бурильную машину в различные положения.

Помимо того, в выработках преимущественно с большой площадью поперечного сечения шпур можно бурить с использо-

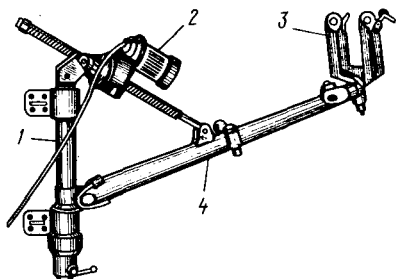


Рис. 3.5. Несъемный манипулятор:

1 — колонка для монтажа манипулятора на погрузочной машине; 2 — электропривод для подъема стрелы; 3 — вертлюг; 4 — шарнирная стрела

ванием бурильных установок. Бурильные установки представляют собой самоходные (или несамоходные) каретки на рельсовом ходу с навесным оборудованием в виде гидрофицированных манипуляторов с бурильными машинами, податчиками и пультами управления.

Бурильные машины могут быть вращательного или ударно-вращательного типа. Эти машины обеспечивают полную механизацию процесса бурения шпуров, однако применение их при геологоразведочных работах становится целесообразным только при больших объемах горнопроходческих работ.

§ 3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

В процессе бурения буровой шлам из шпура удаляют с помощью промывки, продувки и пылеотсоса.

Промывка одновременно является и эффективным средством пылеподавления, необходимого для улучшения условий и повышения безопасности труда работающих в забое. Бурение шпуров с продувкой допустимо в открытых выработках или в обводненных забоях подземных горных выработок, проходимых сверху вниз,

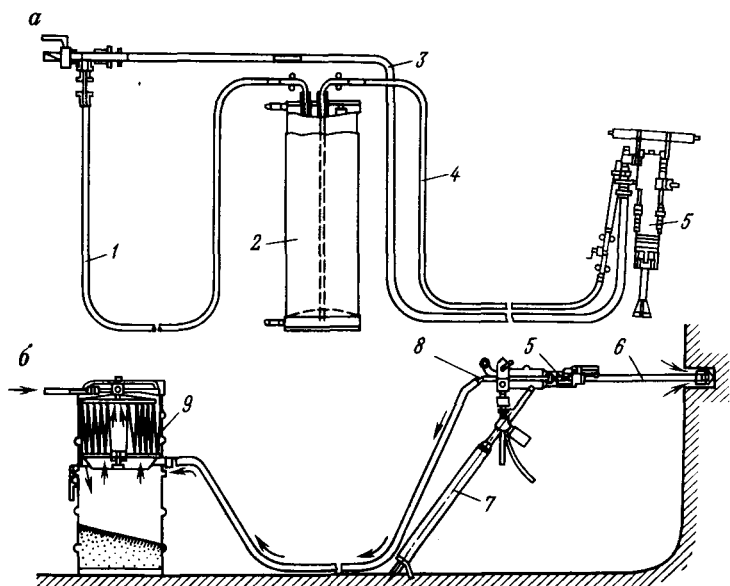


Рис. 3.6. Схема пылеподавления при бурении шпуров с промывкой (а) и пылеотсосом (б) :

1, 3 — шланг для подачи сжатого воздуха соответственно в бак и к перфоратору; 2 — бак; 4 — шланг для подачи воды к перфоратору; 5 — перфоратор; 6 — бур; 7 — пневмоподдержка; 8 — шланг для отсасывания воздуха в пылеуловитель; 9 — пылеуловитель

в которых выдуваемый из шпуров шлам смачивается и не поступает в воздушную среду выработки. Бурение с пылеотсосом также исключает загрязнение воздуха минеральной пылью. Для бурения шпуров с промывкой вода в горную выработку подается по трубопроводам, а к бурильной машине поступает по шлангу.

В условиях геологоразведочных работ иногда вместо прокладки водопроводных труб около забоя выработки устанавливают бачок для воды, которую подают к бурильной машине сжатым воздухом (рис. 3.6). Здесь же представлена схема бурения шпуров с пылеотсосом.

Пылеуловитель представляет собой металлический сосуд, оборудованный эжектором, который работает на сжатом воздухе (подаваемом из воздухопровода по шлангу) и создает разрежение в пылеуловителе. Вследствие этого запыленный воздух от перфоратора по шлангу поступает в пылеуловитель, в котором крупные фракции пыли оседают на дно, а мелкие задерживаются матерчатым фильтром; очищенный воздух через эжектор подается в выработку.

§ 4. КОМПРЕССОРНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРОАГРЕГАТЫ

Энергия сжатого воздуха необходима для приведения в действие приводов перфораторов и некоторых других пневматических машин, используемых при производстве горно-разведочных работ (сжатый воздух потребляется и при бурении разведочных скважин).

Для обеспечения пневматических машин сжатым воздухом при проведении горных выработок в геологоразведочных партиях и экспедициях применяют компрессорные установки, преимущественно с поршневыми компрессорами.

Принцип действия поршневого компрессора прост: в цилиндре, имеющем всасывающий и нагнетательный клапаны, которые расположены в его головке, перемещается поршень, приводимый в движение через шток. Последний соединен с коленчатым валом привода; при движении поршня вниз атмосферный воздух поступает в цилиндр через всасывающий клапан, при движении вверх происходит сжатие воздуха и выталкивание его в воздухопровод через нагнетательный клапан. Компрессоры, в которых сжатие воздуха производится в цилиндре за один раз, называют одноступенчатыми. При сжатии воздух нагревается, что приводит к уменьшению его плотности, а следовательно, к снижению производительности компрессора. Используемые при геологоразведочных работах компрессоры имеют воздушное или водяное охлаждение.

Давление сжатого воздуха, подаваемого из компрессоров, которые применяют при горно-разведочных работах, должно составлять не менее 0,7 МПа. Сжимать воздух до столь значитель-

ного давления в одном цилиндре нецелесообразно (в связи со снижением производительности вследствие нагрева воздуха), поэтому используют двухступенчатые компрессоры с промежуточным охлаждением воздуха после первой ступени сжатия.

Преимущества поршневых компрессоров, обеспечившие их широкое применение при горно-разведочных работах, следующие: надежность, высокий к. п. д. и длительный срок службы (кроме поршневых компрессоров, в некоторых геологоразведочных партиях используют ротационные и винтовые компрессоры с меньшими габаритными размерами и массой).

К вспомогательному оборудованию компрессорных установок относятся воздухохранилища (ресиверы), устройства для охлаждения воздуха и контрольно-измерительная аппаратура. Воздухохранилище необходимо для сглаживания колебаний давлением воздуха, которые являются следствием прерывистого характера подачи его поршневым компрессором. Воздухохранилище представляет собой стальной цилиндрический резервуар с патрубками для ввода и вывода воздуха и с краном для выпуска конденсата.

По типу устройства охлаждения воздуха различают воздушные и водяные компрессоры. Контрольно-измерительная аппаратура предназначена в основном для измерения давления воздуха и расхода энергии. При проведении горно-разведочных работ используют передвижные или стационарные компрессорные установки, последние имеют ограниченную область применения и эксплуатируются при больших объемах и длительности производства горных работ.

Передвижные компрессорные установки представляют собой комплекс оборудования и устройств, состоящий из компрессора, привода, вспомогательного оборудования и смонтированный на четырехколесной прицепной тележке (в отдельных случаях могут использоваться компрессорные установки, смонтированные на шасси грузового автомобиля). Передвижные компрессорные установки на прицепных тележках оборудуют двигателями внутреннего сгорания или электрическими двигателями.

Технические характеристики наиболее употребительных передвижных компрессорных установок приведены в табл. 3.3.

Схема передвижной компрессорной установки ЗИФ-51 с электрическим приводом представлена на рис. 3.7.

Комплекс оборудования состоит из компрессора 7, холодильника 6, воздухохранилища 18, электродвигателя 12 с пусковым реостатом 11, тележки 16 с металлическим кожухом 4, подвешенной на рессорах 14, дышла 13, с помощью которого тележка прицепляется к грузовой автомашине или трактору. Валы компрессора и электродвигателя соединяются муфтой 15. Засасываемый в цилиндры воздух очищается от пыли в фильтрах 8. В нижней части воздухохранилища расположены краны, к которым присоединяют шланги, подающие сжатый воздух к пневмати-

Т а б л и ц а 3.3. Технические характеристики передвижных компрессорных установок

Показатели	Поршневые					Ротационные		Винтовые	
	ЗИФ-51 *	ЗИФ-55 *	КС-9 **	ДК-9М **	ПК-10 **	ЗИФ-ПР-6 *	ПР-10 **	ЗИФ-55В *	ПВ-10 **
Подача воздуха, м ³ /мин	4,6	5,0	8,5	10,0	10,5	6,3	10,5	5,5	7,0
Давление, МПа	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0
Система охлаждения	Воздушная								
Мощность, кВт	45	75	80	80	80	56	80	78	90
Габаритные размеры, мм:									
длина	3450	3450	5046	5160	4700	3270	4700	3400	3370
ширина	1820	1820	2020	1850	1890	1750	1890	1820	1730
высота	1770	1770	2125	2550	2610	2020	2610	1770	1870
Масса, кг	2306	2750	6100	5200	5000	2300	5000	2050	3200

* Электрический двигатель.

** Двигатель внутреннего сгорания.

ческой машине или в воздухопровод, и продувочный кран 17 для удаления из воздухохраника воды и смазочных масел. В воздухопроводах первой ступени 5 и второй ступени 1 установлены предохранительные клапаны 3 и 2. Давление в первой и второй ступенях контролируется манометрами 9 и 10 соответственно. Подачу компрессоров выражают в кубических метрах свободно засасываемого атмосферного воздуха при давлении 0,1 МПа

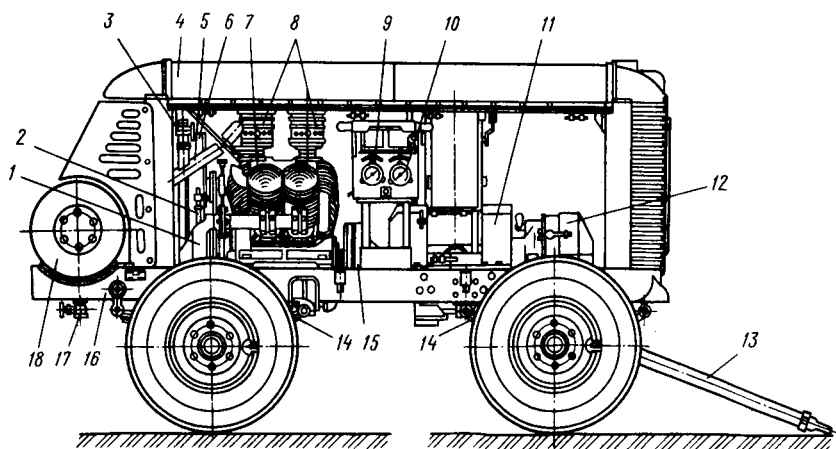


Рис. 3.7. Передвижная компрессорная установка

и температуре 293 К (в высокогорных условиях с увеличением высоты расположения компрессора над уровнем моря его подача снижается).

При больших объемах и интенсивности горно-разведочных работ для перфораторов и других пневматических машин необходимо подавать в горные выработки значительное количество сжатого воздуха. В этих условиях эксплуатация одной или нескольких передвижных компрессорных установок нецелесообразна, и тогда на поверхности промышленной площадки ГРП сооружают компрессорную станцию, оборудованную стационарными компрессорами. Некоторые параметры стационарных поршневых компрессоров приведены ниже.

Марка компрессора	200В-10/8	160В-20/8	ВП-30/8
Подача, м ³ /мин	10	20	30
Давление, МПа	0,8	0,8	0,8
Мощность двигателя, кВт	80	155	172
Габаритные размеры, мм:			
длина	1380	1660	2620
ширина	962	1890	1920
высота	1430	1425	1500
Масса, кг	1440	3015	5100

В помещении станции на фундаментах устанавливают компрессоры с приводами и электрические распределительные устройства; станцию оборудуют воздухохранилищами, фильтрами и системой водяного охлаждения.

В качестве воздухопроводов при эксплуатации передвижных компрессоров могут использоваться шланги или стальные трубы со шлангами, присоединяемые к перфораторам. При эксплуатации стационарных компрессоров воздухопроводные сети выполняют из труб со шлангами.

К воздухопроводным сетям предъявляют ряд требований: они должны быть герметичными, иметь малое сопротивление движению сжатого воздуха и диаметр труб, соответствующий пропускаемому количеству воздуха (трубы соединяют муфтами, фланцами или сваркой). В качестве запорных устройств на трубах устанавливают вентили или задвижки. Энергетические параметры сжатого воздуха при движении его по трубопроводу снижаются за счет аэродинамических потерь и утечек в атмосферу.

Применение электросверл для бурения шпуров обусловлено наличием на месте производства работ электрической энергии (отметим, что кроме электросверл электрическими приводами снабжены многие машины, используемые при проведении горных выработок).

При горно-разведочных работах в качестве местных источников электроэнергии используют электрические станции, оснащенные бензиновыми или дизельными электроагрегатами различной мощности.

Бензоэлектрические агрегаты выпускают мощностью от 1 до 12 кВт. Они представляют собой комплекс из трехфазного генератора, карбюраторного двигателя, блока аппаратуры управления и рамы с кожухом. Параметры бензоэлектрических агрегатов приведены ниже.

Типоразмер . . .	АБ-1-Т/230	АБ-4-Т/230	АБ-8-Т/230	АБ-12-Т/400
Сила тока, А	3,12	12,6	25,0	21,7
Масса, кг . . .	62	190	400	880

Примечания. 1. Первая цифра типоразмера бензоэлектрического агрегата обозначает мощность (кВт), вторая — напряжение питания (В). 2. Частота питающего напряжения 50 Гц.

Электроагрегаты с дизельными двигателями серии АД выпускают мощностью 5—200 кВт и массой от 700 до 3760 кг.

Помимо электроагрегатов при производстве горно-разведочных работ применяют передвижные электростанции с дизельными двигателями; электростанции мощностью до 20 кВт монтируют аналогично компрессорным передвижным станциям на одном четырехколесном прицепе.

Иногда на геологоразведочных работах используют стационарные электростанции мощностью от 50 до 500 кВт, которые состоят обычно из нескольких дизельных электрических агрегатов. При электроснабжении геологоразведочных работ от ЛЭП применяют понижающие трансформаторные подстанции. Трансформаторные подстанции подразделяют на передвижные и стационарные.

§ 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАТОЧКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

При использовании буровой инструмент изнашивается и требует восстановления.

Коронки бура для перфораторов и резцы для электросверл затупляются, абразивный износ приводит к изменению размеров и форм их корпусов и поверхности конусных или резьбовых соединений со штангами. Износ буровых штанг в основном проявляется в изменении форм поверхностей соединительных конусов и деформировании хвостовиков; в процессе работы или использования не по назначению штанги могут быть изогнуты.

Для исправления перечисленных и других более мелких дефектов в геологоразведочных партиях или экспедициях организуют бурозаправочные мастерские. В процессе восстановления изношенного бурового инструмента в бурозаправочных мастерских осуществляется механическая и термическая обработка металлов, для чего в них устанавливают бурозаправочные, заточные и токарные станки, а также нагревательные печи с термоизмерительной аппаратурой и закалочные ванны.

Бурозаправочный станок представляет собой пневматическую

универсальную ковочную машину, предназначенную для заправки (восстановления) коронок и хвостовиков буровых штанг. При необходимости этот станок может использоваться для изготовления цельных буров с не отделяемой от штанги буровой головкой.

Техническая характеристика бурозаправочного станка типа БЗС

Нагрузка, создаваемая вертикальным молотом, Н	160
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5—0,7
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	3—4
Максимальный диаметр обрабатываемого изделия, мм	32
Габаритные размеры, мм:	
длина	1600
ширина	1170
высота	1470
Масса, кг	2190

Коронки затачивают на заточных станках абразивными кругами; параметры некоторых станков приведены ниже.

Техническая характеристика

Тип	ВЗ-141М	ВЗ-130М	ВЗ-140(ВЗ-140С1*)
Назначение	Заточка цельных буров и коронок с долотчатой формой лезвия	Заточка долотчатых коронок	Заточка крестовых коронок лопастная
Диаметр затачиваемых коронок, мм	34—46	36—46	36—46
Посадочный диаметр конуса коронки, мм	19—25	19—25	19—38
Мощность привода, кВт	0,6	4,0	5,0
Габаритные размеры, мм:			
длина	685	1490	1140
ширина	430	780	1000
высота	820	1584	1690
Масса, кг	980	1190	1200

* Применяют для заточки трехлопастных коронок.

Посадочные конусы восстанавливают и шлифуют на токарных станках.

Изготовление или восстановление буровых штанг (или цельных буров) сопровождается их нагревом в пламенных или электрических печах. Послековки и отжига хвостовиков они подвергаются вторичному нагреву и закалке в водяных или масляных ваннах. Режимы нагрева буровой стали имеют большое влияние на стойкость восстанавливаемых буровых штанг; для контроля за температурой нагрева используют термоэлектрические пирометры.

При небольших объемах горнопроходческих работ буровой инструмент в геологоразведочных партиях восстанавливают с использованием кузнечных горнов; заправка буров производится вручную с помощью специальных матриц, а заточка — с исполь-

зованием ручных шлифовальных машинок типа ШР с электрическим или пневматическим приводом. Приведем показатели пневматической шлифовальной машинки ШР-0,6; диаметр заточного круга 60 мм, расход сжатого воздуха 0,7 м³/мин, масса 2,1 кг. Использовать шлифовальные машинки типа ШР для заточки коронок можно непосредственно в горной выработке.

Глава 4

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЗРЫВА И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Взрывные работы широко применяют в геологоразведочном деле и при добыче полезных ископаемых.

Взрывным способом создают котлованы, каналы, дамбы, плотины, дороги и другие сооружения, при которых применяют взрывы на сброс или выброс. Особое место занимают взрывные работы при проведении горно-разведочных работ.

В геологоразведочных партиях взрывные работы применяют при сейсморазведке для возбуждения упругих волн, по скорости распространения которых определяют свойства горных пород.

Ликвидацию аварий при бурении скважин и разрушение обсадных труб также осуществляют взрывным способом, т. е. торпедированием, которое производится для образования каверн и повышения трещиноватости пластов с целью увеличения дебита полезного ископаемого (вода, газ, нефть и др.). Взрывные работы используют при демонтаже глубоких скважин, тушении пожаров, корчевке пней и т. д.

В проектировании и производстве взрывов на выброс советские ученые занимают ведущее место среди ученых других стран.

Большие работы по совершенствованию взрывных работ были проведены в 50-х годах. Были разработаны более совершенные промышленные ВВ: мощные скальные аммониты, игданиты, гранулиты, граммониты, водосодержащие ВВ. Создание гранулированных ВВ позволило решить проблему механизации заряжения скважин. На многих крупных рудниках началось широкое внедрение средств комплексной механизации заряжения скважин, шпуров и камер гранулированными простейшими взрывчатыми веществами.

Своеобразная революция во взрывных работах произошла с момента разработки и внедрения короткозамедленного взрывания.

Проводятся исследования по разработке методов регулирования степени дробления горных пород взрывом с учетом физико-механических свойств горных пород и трещиноватости

массива в зависимости от диаметра заряда, удельного расхода и типа ВВ и т. д. Степень дробления массива при постоянном удельном расходе ВВ улучшается с уменьшением диаметра заряда. Для сохранения неизменной крупности дробления при увеличении диаметра скважинных зарядов необходимо увеличивать удельный расход ВВ.

Для повышения производительности труда при проведении горно-разведочных работ необходимо стремиться к увеличению коэффициента использования шпура (КИШ) и достижению качественного дробления пород взрывом. Для этого необходимо увеличивать удельный расход ВВ. Однако повышать удельный расход ВВ и уменьшать диаметр скважин можно до известных пределов.

На практике в большинстве случаев при проведении горных выработок не удается применять высокие удельные расходы ВВ, поэтому при выборе расчетного удельного расхода рекомендуют определять взрываемость и составлять для рассматриваемых условий шкалу пород по взрываемости.

В практике работы горных предприятий широко внедряется система непрерывной корректировки параметров отбойки с учетом взрываемости горных пород, подлежащих выемке, на основе производственного анализа результатов предыдущих взрывов.

§ 2. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Разработка новых эффективных и экономичных способов проведения горно-разведочных выработок — одно из основных направлений технического прогресса.

Взрывной метод характеризуется высокой производительностью и экономичностью, поэтому он нашел широкое применение при проведении горно-разведочных выработок, особенно в условиях скальных пород. Вместе с тем проведение горно-разведочных выработок взрывным способом требует от исполнителей достаточно высокой теоретической и практической подготовки в области управления энергией взрыва.

Разнообразие горнотехнических условий и физико-механических свойств горных пород создает определенные трудности при проведении горно-разведочных выработок, что лишний раз доказывает необходимость глубоких знаний в области взрывного дела у руководителя таких работ.

На практике технология ведения буровзрывных работ при проведении горно-разведочных выработок мало чем отличается от условий проведения выработок при разработке месторождений полезных ископаемых. Однако при проведении горно-разведочных выработок необходимо учитывать те их особенности, которые связаны с возможными изменениями физико-механических свойств

горных пород и направлением проведения таких выработок. Поэтому, прежде чем перейти к технологическим вопросам проведения горно-разведочных выработок, необходимо дать основные понятия о взрыве и ВВ, рассмотреть виды химических реакций и процессы, протекающие при взрывчатом превращении.

§ 3. ПОНЯТИЕ О ВЗРЫВЕ И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ

При ведении взрывных работ используют специальные инструкции, правила, проекты и другие документы. Для глубокого понимания этих документов необходимо серьезное изучение физической сущности явления взрыва.

Впервые задача физической сущности взрыва была поставлена М. В. Ломоносовым. В работе «О природе и рождении селитры», написанной в 1748 г., он дает определение взрыва как очень быстрого выделения значительного количества энергии и большого объема газов.

В современной интерпретации взрывом называют процесс быстрого сверхзвукового физического или химического превращения вещества за счет прохождения по нему детонационной волны, сопровождающейся переходом потенциальной энергии этого вещества или продуктов его превращения в кинетическую.

Большой вклад в развитие теории взрыва и ВВ сделан советскими учеными К. К. Андреевым, А. Ф. Беляевым, Л. В. Дубновым, Я. Б. Зельдовичем, Н. Н. Семеновым, Ю. Б. Харитоновым и др.

Изучение теории взрыва и взрывчатых веществ необходимо для правильного выбора их для различных горнотехнических условий, а также при разработке новых типов ВВ.

Взрывчатыми веществами называют смеси и химические соединения, способные под влиянием внешнего воздействия (нагрева, удара, трения и т. д.) взрываться, т. е. чрезвычайно быстро превращаться в другие соединения с образованием большого количества тепла и газов. Следовательно, взрывчатое превращение — это быстро протекающая в ВВ химическая реакция, сопровождающаяся образованием большого количества газов и значительным выделением тепла, в результате чего газы нагреваются до высокой температуры и в месте нахождения ВВ развивается высокое давление. Взрывчатые вещества применяют в зарядах, под которыми понимают определенную массу ВВ, подготовленную к взрыву.

Скорость взрывчатого разложения внутри заряда ВВ может быть разной и в значительной степени определяет разрушительное действие взрыва на окружающую среду.

По физическому состоянию ВВ могут быть твердыми соединениями или смесями (аммиачная селитра + тротил и т. д.), смесями жидких и твердых веществ (аммиачная селитра + жидкое горючее, жидкий кислород + твердое горючее и др.), газовыми

смесями (метан + воздух, ацетилен + кислород), смесями твердых и жидких веществ с газами (угольная, древесная пыль, керосин, бензин с воздухом); жидкими веществами (нитроглицерин, нитрогликоль).

Как видно, характерный признак ВВ — наличие в его составе всех необходимых для протекания реакций окисления элементов.

Взрывчатые вещества подразделяются на индивидуальные — химические соединения, в молекулах которых содержатся горючие элементы и окислитель, и смесевые, представляющие механическую смесь твердых, жидких или газообразных компонентов.

Наибольшее распространение получили взрывчатые смеси из твердых веществ.

По характеру воздействия на окружающую среду ВВ делятся на две группы: бризантные (дробящие) и метательные (пороха).

Среди бризантных ВВ в особую группу выделяют обладающие высокой чувствительностью инициирующие ВВ, которые применяют для изготовления средств инициирования — капсюля-детонатора (КД), электродетонатора (ЭД) и детонирующего шнура (ДШ).

Для изготовления средств инициирования, применяемых в горной промышленности, используют гремучую ртуть, азид свинца, тенерес, тетрил, гексоген, тэн.

Промышленные ВВ предназначаются для дробления, разрушения и перемещения горных пород.

Из многокомпонентных смесевых ВВ применяются следующие основные группы ВВ: *динамоны* — смеси аммиачной селитры с жидкими и твердыми невзрывчатыми горючими добавками; *аммониты* — порошкообразные смеси аммиачной селитры с добавками тротила, гексогена, горючих веществ в разном процентном отношении; *аммоналы* — смеси аммиачной селитры, тротила и алюминиевой пудры; *граммониты* (гранулированный аммонит) — смеси из гранулированного или чешуйчатого тротила и гранулированной аммиачной селитры; *алюмотол* — гранулированный сплав тротила и алюминиевой пудры, представляющий водосодержащее взрывчатое вещество (ВВВ) и обладающий повышенной плотностью, в состав которого входят тротил, аммиачная селитра, алюминиевая пудра и насыщенный или пересыщенный раствор селитры; *динамиты* — многокомпонентные патронированные смеси на основе нитроглицерина и нитрогликоля с добавками нитроэфиров; *детониты* — патронированные смеси аммонала с добавками нитроэфиров; *оксиликвиты* — патроны из органических поглотителей с большой удельной поверхностью (торф, камыш и т. д.), пропитанные жидким кислородом; *метательные ВВ (дымные пороха)* применяются для отбойки штучного камня, когда надо отколоть блок от массива с минимальным дробящим эффектом.

По физическому состоянию применяемые промышленные ВВ могут иметь следующие разновидности: *порошкообразные, шнекованные, прессованные, литые, гранулированные (или чешуйчатые), водосодержащие* (льющиеся и горячельющиеся).

Компоненты гранулированных ВВ имеют гранулы размером 1—3 мм или чешуйки того же размера. Водосодержащие ВВ (льющиеся) за счет добавок воды с загустителем легко транспортируются по шлангам. Горячельющиеся водосодержащие ВВ твердеют при нормальной температуре.

Существуют три формы химических превращения ВВ: медленное химическое превращение, горение и детонация.

Медленное химическое превращение протекает при низких температурах по всему объему вещества. Знание закономерностей химического превращения необходимо для определения стойкости ВВ.

При горении передача тепла от слоя к слою происходит в результате теплопроводности. Скорость горения может быть от долей сантиметра до десятков метров в секунду.

Взрыв, распространяющийся с постоянной и максимальной для данного ВВ скоростью, называют детонацией.

При детонации энергия по заряду ВВ передается ударной волной, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью от 2000 до 8000 м/с.

В процессе горения происходит последовательное окисление и сгорание вещества, при этом скорость выделения энергии в десятки и сотни раз меньше, чем при взрывчатом разложении.

Потенциальная энергия ВВ значительно ниже теплоты сгорания обычных горючих веществ. Так, при взрыве 1 кг аммонита № 6ЖВ выделяется 4312 кДж теплоты, а при сгорании 1 кг каменного угля — 33 600 кДж.

Однако развиваемая мощность при взрыве превышает 1,1 гВт за счет скорости реализации энергии.

Быстрое химическое и физическое превращение вещества сопровождается мгновенным переходом потенциальной энергии вещества в тепловую, резким повышением давления на окружающую среду и звуковым эффектом.

По своей природе взрывы делятся на следующие:

физические, при которых происходят только физические преобразования веществ (беспламенное взрывание с помощью жидкой углекислоты и сжатого воздуха, взрывы паровых котлов, баллонов со сжиженным газом, электрические разряды и т. д.);

химические, при которых происходят чрезвычайно быстрые химические реакции с выделением тепла в количестве 3200—6600 кДж/кг и газов (взрывы ВВ, метана, угольной пыли);

ядерные, при которых происходят цепные реакции деления ядер с образованием новых элементов.

При взрывных работах на горных предприятиях применяют

химические взрывы ВВ. Кроме того, технически возможно применение ядерных взрывов для вскрытия крупных месторождений, расположенных в отдаленных районах на значительной глубине (120 м и более).

§ 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ВЗРЫВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

К основным технологическим характеристикам ВВ относятся: плотность, пластичность, слеживаемость, гигроскопичность, водостойчивость, экссудация.

Плотность представляет собой отношение массы ВВ к занимаемому им объему и выражается в кг/м^3 (г/см^3 , кг/дм^3 и т/м^3). Плотность влияет на взрывные характеристики ВВ. Для каждого ВВ существует оптимальная плотность, при которой достигается наибольший эффект при взрыве.

Пластичными называют такие ВВ, которые легко деформируются, изменяя форму заряда, и при этом сохраняют определенную жесткость. Пластичные ВВ — акваниты по сравнению с порошкообразными обладают повышенной плотностью.

Слеживаемость — способность порошкообразных ВВ терять при хранении сыпучесть и превращаться в плотную массу с потерей восприимчивости и детонации.

Гигроскопичность — способность ВВ поглощать влагу из окружающей среды.

Водоустойчивость — способность патронов ВВ при непосредственном соприкосновении с водой сохранять в течение определенного времени взрывчатые свойства. Водостойчивость ВВ повышается при включении в их состав гидрофобных добавок.

Расслаиваемость — свойство ВВ в условиях заряжания и транспортировки терять однородность состава.

Чувствительность ВВ к инициированию характеризуется величиной начального импульса, необходимого для возбуждения взрыва.

Экссудация — способность ВВ выделять жидкие и легкоплавкие компоненты при хранении. Экссудация проявляется у ВВ на основе жидких нитроэфиров.

Стойкость — способность ВВ сохранять химические и физические свойства. Различают химическую и физическую стойкость. Физическая стойкость — способность ВВ сохранять неизменными свои физические свойства и структуру. Химическая стойкость — способность ВВ противостоять разложению в течение определенного периода.

К взрывным характеристикам относятся теплота взрыва, объем газов, устойчивость детонации, бризантность, работоспособность, старение и стойкость.

Теплота взрыва — количество тепла, выделяющегося при

взрывном превращении 1 кг ВВ. Это одна из основных характеристик при оценке эффективности ВВ при разрушении пород. Теплота взрыва определяется теоретически или экспериментально. Чем выше теплота взрыва, тем больше работоспособность ВВ. При взрыве 1 кг промышленного ВВ выделяется от 3,3 до 4,9 МДж теплоты. При взрыве большинства промышленных ВВ газы нагреваются до 1800—4400 °С. Для определения теплоты взрыва применяется калориметр с бомбой вместимостью 5 л.

Объем газов — количество газообразных продуктов, выделяющихся при взрыве 1 кг ВВ. Объем газов при взрыве 1 кг промышленных ВВ находится в широких пределах — от 300 до 1000 л/кг и зависит от состава и плотности ВВ.

Бризантность — способность ВВ при взрыве производить дробящее действие на окружающую твердую среду. Различают местное (бризантное), или дробящее, действие и общее, или фугасное, действие. Бризантное действие взрыва характеризуется измельчением породы в непосредственной близости от заряда. При фугасном действии взрыва порода разрушается на более значительном расстоянии от заряда за счет ударных волн и поршневого действия газов. Бризантность определяют с помощью свинцовых столбиков (проба Гесса).

Детонация обусловлена распространением по ВВ детонационной волны, которая вызывает в момент прохождения скачкообразное изменение давления, температуры и плотности ВВ. Скорость детонации заряда ВВ зависит от характеристик самого ВВ (состав, дисперсность и плотность), диаметра заряда и условий взрывания.

Наиболее простой метод определения скорости детонации основан на сравнении известной скорости детонации ДШ со скоростью детонации испытуемого заряда (метод Дотриша).

Работоспособность — способность ВВ при взрыве выполнять механическую работу по разрушению окружающей среды и ее сжатию. Работоспособность определяется с помощью свинцовой бомбы (бомба Трауцля) и на породных образцах.

Старение — необратимый процесс ухудшения или полной потери ВВ взрывчатых свойств в течение времени. При старении ВВ снижаются их чувствительность к внешним воздействиям и способность к передаче детонации.

§ 5. ВИДЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ВВ

В химическом отношении взрыв представляет собой необратимую реакцию превращения взрывчатого вещества в газообразные продукты. Реакция, которая происходит при этом, и состав конечных продуктов определяют основные параметры взрыва — теплоту, температуру, давление, скорость детонации. Реакции взрывчатого превращения подчиняются основным законам термодинамики.

Взрыв ВВ можно рассматривать как адиабатное необратимое превращение, т. е. взрывчатое разложение вещества при создании определенных условий.

Молекулы всех веществ находятся в постоянном движении, при этом чем выше температура, тем оно интенсивнее. Для возбуждения реакции в массе ВВ необходимо увеличить скорость движения молекул вещества и их энергию за счет мгновенного нагревания или сильного удара по небольшому участку вещества. Поэтому мгновенное увеличение скорости движения молекул — необходимое условие возникновения химического распада или взаимодействия молекул вещества. При определенной скорости движения молекул внутримолекулярные и молекулярные связи оказываются недостаточно прочными, вследствие чего происходит необратимая реакция взрывчатого превращения исходного вещества обычно в газообразные продукты с более устойчивыми молекулярными и внутримолекулярными связями. При разрыве этих связей выделяется большое количество тепла. Чем меньше период разложения ВВ, тем мощнее поток выделяемой энергии.

Увеличение скорости реакции взрывчатого разложения ВВ достигается за счет мгновенного разогрева и сжатия вещества при прохождении по его массе детонационной волны. При горении происходит последовательное окисление и сгорание вещества, а скорость выделения энергии в десятки и сотни раз ниже, чем при взрыве.

При взрыве состояние вещества изменяется мгновенно и сопровождается таким же быстрым превращением его потенциальной энергии в механическую, т. е. в энергию сжатия и движения самого вещества или продуктов его превращения и окружающей среды. Работа взрыва основана на стремлении газов, образовавшихся при взрыве, к расширению. Взрыв сопровождается звуковым эффектом и разрушением. Он может быть физическим (взрыв парового котла, сильный искровой разряд, беспламенное взрывание и т. д.), химическим (взрыв зарядов ВВ, горение порохов, пиротехнических составов) и ядерным (атомный взрыв, основанный на делении ядер, и термоядерный — на синтезе ядер).

При проведении горно-разведочных выработок используют химические взрывы. Химическими взрывами называются крайне быстрое самораспространяющееся химическое превращение ВВ с выделением тепловой энергии в виде раскаленных газообразных продуктов взрыва, производящих работу вследствие резкого повышения давления в месте их образования (например, взрыв промышленных ВВ, взрыв метана и т. п.).

Кислородный баланс ВВ. Соотношение окислителя и горючих компонентов в составе ВВ определяет полное и неполное окисление горючих элементов. Это соотношение характеризуется кислородным балансом ВВ. Недостаток кислорода в ВВ приводит к неполному окислению горючих элементов, в этом случае кислород-

ный баланс ВВ — отрицательный. Если в ВВ окислителя достаточно для полного окисления горючих элементов, то ВВ характеризуется нулевым, а при избытке — положительным кислородным балансом.

Кислородный баланс (%) вычисляют по формуле

$$K_6 = (N_n - N_n) A / M_{\text{ВВ}},$$

где N_n — количество имеющихся атомов кислорода в ВВ; N_n — количество атомов кислорода, необходимое для полного окисления горючих компонентов; A — атомная масса кислорода; $M_{\text{ВВ}}$ — молекулярная масса ВВ.

Под полным окислением понимают превращение углерода в CO_2 , водорода в H_2O и алюминия в Al_2O_3 . При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества атомов кислорода образуется ядовитый оксид углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, либо чистый углерод в виде сажи, снижающий образование газов. ВВ с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов:

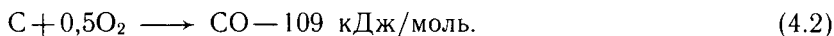


Таблица 4.1. Кислородный баланс некоторых ВВ и их компонентов

Вещество	Химическая формула	Атомная или молекулярная масса	Кислородный баланс, %
Алюминий	Al	27,0	— 89,0
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	80,0	+ 20,0
Бумага (оболочка патронов)	—	—	— 130,0
Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	222,0	— 21,6
Гремучая ртуть	$\text{HgC}_2\text{O}_2\text{N}_2$	284,0	— 11,3
Динитронафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4$	218,0	— 139,4
Калиевая селитра	KNO_3	101,0	+ 39,6
Калия хлорат	KClO_3	122,5	+ 39,2
Калия перхлорат	KClO_4	138,5	+ 46,2
Клетчатка	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	162,0	— 118,5
Магний	Mg	24,3	— 65,8
Древесная мука	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	362,0	— 137,0
Натриевая селитра	NaNO_3	85,0	+ 47,0
Натрия хлорат	NaCl	106,5	+ 45,0
Натрия перхлорат	NaClO_4	122,5	+ 52,2
Нитроглицерин	$\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_6\text{O}_6$	152,0	0,0
Нитроглицерин	$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_3$	227,0	+ 3,5
Тетрил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_3$	287,0	— 47,4
Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$	227,0	— 74,0
Тэн	$\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_{12}$	316,0	— 10,1
Углерод (аморфный)	C	12,0	— 266,7

При положительном кислородном балансе ВВ образуются различные оксиды азота, являющиеся весьма ядовитыми газами. Образование оксидов азота сопровождается поглощением тепла по реакции



Наиболее рационален нулевой кислородный баланс ВВ. Отклонение от нулевого кислородного баланса сопровождается образованием ядовитых газов и уменьшением выделения энергии при взрыве.

В табл. 4.1 приведены значения кислородного баланса некоторых ВВ и их компонентов.

Реакция взрывчатого превращения зависит от кислородного баланса ВВ. Реакции взрыва ВВ делятся на три типа: I — с положительным и нулевым кислородным балансом; II — с отрицательным кислородным балансом, но достаточным для полного газобразования; III — с выделением углерода. Реакции взрывчатого превращения позволяют определять характеристики ВВ (теплота, температура, объем и давление газов взрыва).

§ 6. ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ДЕТОНАЦИИ

Под детонацией понимается чрезвычайно быстрое распространение взрыва, обусловленное прохождением ударной волны по ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью порядка нескольких тысяч метров в секунду.

По гидродинамической теории детонацией считают перемещение по ВВ ударной волны постоянной амплитуды. При этом скорость перемещения ударной волны постоянна.

Ударная волна характеризуется резким скачкообразным изменением параметров вещества — давления, плотности, температуры и скорости. Поэтому детонационная волна от ударной отличается тем, что за фронтом ударной волны идет зона химической реакции, где выделяется энергия взрывчатого превращения, часть которой расходуется на поддержание устойчивого распространения детонации. Зона химической реакции имеет небольшую ширину (от долей миллиметра у весьма чувствительных ВВ до нескольких сантиметров у ВВ простейшего состава).

Порох может детонировать при инициировании его капсюлем-детонатором. Промежуточным между горением и детонацией является так называемое взрывное горение, которое от основных форм отличается непостоянством скорости. Формы взрывчатого превращения в зависимости от условий могут переходить одна в другую (например, горение в детонацию и т. п.). Порохам присуще сравнительно медленное разложение в форме горения, поэтому они оказывают на внешнюю среду преимущественно метательные действия.

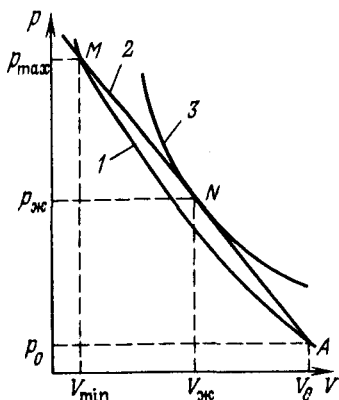


Рис. 4.1. Изменение состояния ВВ в детонационной волне

Большой вклад в теорию детонации внесли Я. Б. Зельдович, Ю. Б. Харитон, Л. Б. Ландау, К. П. Станюкович и др.

Ударная волна, проходящая по ВВ, адиабатически сжимает и разогревает его, тем самым вызывая химическую реакцию. Реакция сопровождается выделением большого количества тепла, которое трансформируется в энергию сжатых газов и передается в головную ударную волну, тем самым компенсируя потери ее энергии на сжатие вещества. Ударная волна, распространяющаяся по ВВ и возбуждающая химическую реакцию (такая волна называется детона-

ционной), в отличие от волны в инертных материалах распространяется стационарно, т. е. с постоянными скоростью, амплитудой, давлением и температурой.

Изменение состояния ВВ в детонационной волне и координатах p , V , где V — удельный объем или величина, обратная плотности ρ , приведено на рис. 4.1.

Вещество с начальным объемом V_0 и давлением p_0 (точка A) сжимается в ударной волне до определенного состояния (точка M). При этом начинается химическая реакция и давление достигает максимального значения $p_{\max}$ при объеме $V_{\min}$. Реакция развивается с выделением тепла и расширением продуктов взрыва, давление при этом падает, а объем увеличивается. Заканчивается реакция в точке N на ударной адиабате продуктов взрыва, называемой точкой Чепмена — Жуге, с параметрами $p_{\text{ж}}$ и $V_{\text{ж}}$, а прямая 2, соединяющая параметры состояния исходного вещества с параметрами всплеска в состоянии максимального сжатия и завершения реакции, называется прямой Михельсона.

Вещество в детонационной волне последовательно проходит все состояния по прямой ANM . Участок AN соответствует зоне сжатия в ударной волне, участок NM — зоне химической реакции. Давление $p_{\max}$ примерно вдвое больше давления $p_{\text{ж}}$.

Зона сжатия ВВ ударной волне очень мала (до 0,1 мкм), зона химических реакций зависит от физических и химических свойств ВВ и имеет протяженность от 0,5 мм (для азида свинца) до 10 мм (для тротила).

По гидродинамической теории детонации, разработанной Я. Б. Зельдовичем и Д. Н. Нейманом, ВВ при сжатии характеризуется ударной адиабатой 1 (адиабата Гюгонио), а конечные продукты — адиабатой 3 (ударная адиабата продуктов взрыва).

Продолжительность химической реакции в детонационной волне составляет 10^{-6} — 10^{-7} с.

Параметры детонационной волны — давление, объем, температура в точке Чепмена — Жуге, скорость детонации и скорость распространения продуктов взрыва за фронтом детонации — рассчитываются путем решения системы уравнений, основанных на законах сохранения массы, количества движения, энергии в волне, уравнения состояния продуктов детонации и правила отбора скоростей. В точке Чепмена — Жуге скорость детонации w_d , скорость движения продуктов взрыва $w_{п.в}$ и скорость звука в продуктах взрыва c связаны простым соотношением:

$$w_d = w_{п.в} + c. \quad (4.4)$$

Л. Д. Ландау и К. П. Станюкович предложили уравнение политропы для состояния продуктов взрыва:

$$p V^n = \text{const}, \quad (4.5)$$

где p — давление; V — объем; n — показатель политропы, $n=3$ для ВВ с плотностью 1—1,2 г/см³.

Давление в плоскости Чепмена — Жуге (P_a) рассчитывается с учетом основных законов сохранения и приведенных законов:

$$p_{ж} = \rho_0 w_d^2 / (n + 1) \approx \rho_0 w_d^2 / 4, \quad (4.6)$$

где ρ_0 — начальная плотность ВВ, кг/м³.

Плотность продуктов детонации (кг/м³) определяется по формуле

$$\rho = \frac{4}{3} \rho_0. \quad (4.7)$$

Скорость движения продуктов взрыва за плоскостью Чепмена — Жуге (м/с) рассчитывают из выражения

$$w_{п.в} = w_d / (n + 1) \approx w_d / 4. \quad (4.8)$$

Давление, скорость детонации и скорость движения продуктов взрыва связаны зависимостью

$$p_{ж} = \rho_0 w_d w_{п.в}. \quad (4.9)$$

Скорость детонации (м/с) находится по теплоте взрыва и показателю политропы продуктов взрыва из выражения

$$w_d = 31,6 \sqrt{2(n^2 - 1) Q}, \quad (4.10)$$

где Q — теплота взрыва, кДж/кг.

Один из наиболее важных факторов — скорость детонации, которая определяет давление в детонационной волне.

§ 7. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕТОНАЦИИ ВВ

Промышленные ВВ — физически и химически неоднородные системы, т. е. смеси разнородных по химическим и физическим свойствам материалов, что объясняет особенности их детонации.

Большое влияние на скорость детонации w_d оказывает диаметр заряда d , с увеличением которого скорость детонации повышается и приближается к максимальному значению, а затем, начиная с некоторого предельного диаметра $d_{пр}$, остается постоянной. Ниже критического диаметра $d_{кр}$ детонация становится неустойчивой и затухает. Критический диаметр — это значение диаметра, ниже которого детонация невозможна. Чем меньше критический диаметр, тем выше детонационная способность ВВ.

На величину критического диаметра детонации оказывает влияние прочность оболочки. При повышении прочности оболочки критический диаметр детонации резко уменьшается. Поэтому детонационная способность ВВ резко возрастает в массивных трубах из твердых материалов, в шпурах и скважинах. Критический диаметр детонации открытого заряда гранулированных ВВ в бумажной оболочке составляет 60—120 мм, а в металлической трубке — 10—30 мм.

Плотность ВВ существенно влияет на устойчивость и скорость детонации. В однородных (индивидуальные) ВВ (тротил, гексоген, тэн и др.) с увеличением плотности ширина зоны реакции в детонационной волне уменьшается и соответственно снижаются $d_{пр}$ и $d_{кр}$.

В смесевых ВВ (граммониты, аммониты и т. п.) с возрастанием плотности вначале $d_{пр}$ и $d_{кр}$ уменьшаются, а затем увеличиваются. У механических смесей с повышением плотности скорость детонации возрастает до максимального значения, соответствующего критической плотности, а далее детонация затухает.

С целью увеличения критической плотности в состав ВВ вводят сильные сенсibilизаторы (гексоген, тэн и др.).

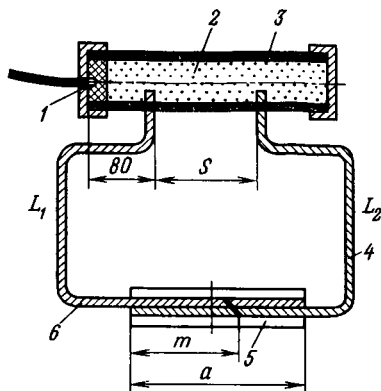
На детонационную способность ВВ большое влияние оказывает их дисперсность. Так, уменьшение размеров частиц приводит к снижению критического диаметра зарядов. Гранулированные и грубодисперсные ВВ имеют большой критический диаметр по сравнению с порошкообразными того же состава.

На устойчивость детонации также влияет состав ВВ. Уменьшение содержания мощных ВВ (тротил), замена их другими горючими добавками увеличивают критический диаметр.

§ 8. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ

Скорость детонации может быть определена различными методами — фотографическим, осциллографическим и методом Дот-

Рис. 4.2. Схема к определению скорости детонации по методу Дотриша:
1 — инициатор; 2 — заряд ВВ; 3 — оболочка; 4, 6 — отрезки ДШ длиной h_1 и h_2 соответственно; 5 — свинцовая пластина



риша, основанным на сравнении неизвестной скорости детонации ВВ с известной скоростью детонации ДШ.

Осциллографический метод может быть применен только в том случае, если испытуемое ВВ не является токопроводящим.

Стандартный метод определения скорости детонации — метод Дотриша. В полевых условиях геологоразведочных партий более удобен метод Дотриша, модернизированный М. Я. Сухаревским и Ф. А. Першаковым и не требующий лабораторного оборудования. Сущность метода заключается в следующем: на боковой поверхности патрона по оси заряда диаметром 31 ± 1 мм и длиной 300 мм делают два отверстия, расстояние между ними 200 мм, в них вставляют концы отрезков ДШ (рис. 4.2). Расстояние от отверстия до капсюля-детонатора должно быть 80—100 мм. Два других конца шнура прикрепляют изоляционной лентой к жестяной пластинке толщиной 0,3—0,5 мм с прокладкой толщиной 10 мм.

При взрыве детонация распространяется по заряду и обеим ветвям ДШ. Длину отрезков шнура (обычно 0,6—1,1 м) рассчитывают так, чтобы встреча волн детонации произошла в пределах жестяной пластинки, на которой в этом месте остается диагональная вмятина. Скорость детонации (м/с) вычисляют, исходя из равенства времени распространения детонационных волн по отрезку 4, заряду ВВ и отрезку 6, т. е.

$$\frac{L_1 - a + m}{v_{\text{ДШ}}} = \frac{S}{v_{\text{ВВ}}} + \frac{L_2 - m}{v_{\text{ДШ}}}, \quad (4.11)$$

где S — расстояние между отверстиями, в которые вставлены отрезки ДШ; a — длина жестяной пластинки; m — расстояние от конца пластинки до точки встречи волн (углубления); $v_{\text{ВВ}}$, $v_{\text{ДШ}}$ — скорости детонации соответственно ВВ и ДШ.

Отсюда

$$v_{\text{ВВ}} = \frac{S v_{\text{ДШ}}}{L_1 - L_2 - a + 2m}. \quad (4.12)$$

Скорость детонации зависит от плотности ВВ, поэтому при испытаниях необходимо обеспечить такую плотность, которую имеют ВВ в промышленных условиях.

Влияние плотности на скорость детонации не одинакова для индивидуальных и смесевых ВВ. У индивидуальных ВВ с увеличением плотности скорость детонации растет, у смесевых существует критическая плотность, с превышением которой ВВ не детонирует.

Определение скорости детонации с помощью искровых хронографов, скоростной киносъемки свечения в зарядах, зеркальной фоторазвертки и другими способами сложно и применяется только при специальных исследованиях.

§ 9. ТЕПЛОТА, РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ВВ, ФУГАСНОЕ И БРИЗАНТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА

Теплотой взрыва называют количество тепла, выделяющегося при взрывном превращении 1 кг ВВ. Это одна из основных характеристик при оценке эффективности ВВ при разрушении пород.

Теплоту взрыва определяют теоретически или экспериментально. Испытания проводят при стандартных условиях: температура 0 °С и 18 °С и давление 10^5 Па. Чем больше теплота взрыва, тем выше работоспособность ВВ. Таким образом, по теплоте взрыва можно оценивать эффективность ВВ. По теплоте взрыва также можно вычислять температуру продуктов взрывчатого превращения ВВ. Теплоту взрыва можно определить через теплоту образования вещества. В основе вычислений лежит термохимический закон Гесса, согласно которому тепловой эффект реакции не зависит от пути реакции, а зависит только от начального и конечного состояния системы. В соответствии с этим конечный тепловой эффект реакции, т. е. теплота превращения ВВ в продукты взрыва, или теплота взрыва (Дж/моль),

$$Q_v = Q_{п.в} - Q_{ВВ}, \quad (4.13)$$

где $Q_{п.в}$, $Q_{ВВ}$ — теплота образования соответственно продуктов взрыва и взрывчатого вещества.

Теплоту взрыва 1 кг ВВ (Дж/кг) устанавливают по формуле

$$Q_1 = 1000 Q_v / M_{ВВ}, \quad (4.14)$$

где $M_{ВВ}$ — молекулярная масса ВВ.

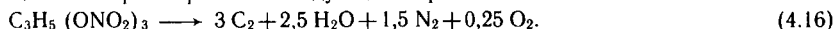
При взрыве 1 кг промышленного ВВ выделяется от 3,3 до 4,9 МДж тепла.

Теплоту взрыва определяют в специальной калориметрической бомбе, в которой с помощью электрической спирали взрывают заряды массой 1—2 г. Температуру газов взрыва — температуру нагрева продуктов взрыва вычисляют по формуле

$$T = Q_v / C_v, \quad (4.15)$$

где C_V — средняя теплоемкость всех продуктов взрыва при постоянном объеме, которая также зависит от температуры.

Пример. Определить теплоту взрыва нитроглицерина, взрывчатое превращение которого протекает следующим образом:



Теплота образования некоторых ВВ приведена в табл. 4.2.

Температура газов взрывания ($^{\circ}\text{C}$) вычисляется по формуле

$$T = Q_v / C_V,$$

где Q_v — теплота взрыва, Дж/моль.

Значение теплоемкости в зависимости от температуры определяют следующим образом:

$$C_V = a + bT, \quad (4.17)$$

где a и b — коэффициенты, найденные опытным путем.

Решив уравнение, получим

$$T = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4Q_v}}{2b}. \quad (4.18)$$

Теплоемкости некоторых газов в зависимости от температуры определяют по формулам:

для двухатомных газов

$$C_V = (20,1 + 18,8 \cdot 10^{-4}) \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

Т а б л и ц а 4.2.

Вещество	Химическая формула	Относительная молекулярная масса	Теплота образования при постоянном объеме, кДж/моль
Вода (жидкая)	H_2O	18,0	283,0
Вода (пар)	H_2O	18,0	241,0
Углекислота (газ)	CO_2	44,0	396,0
Оксид углерода (газ)	CO	28,0	113,0
Метан (газ)	CH_4	16,0	74,0
Оксид азота (газ)	NO	30,0	90,5
Аммиак (газ)	NH_3	17,0	43,5
Хлористый водород (газ)	HCl	36,5	91,7
Оксид алюминия	Al_2O_3	102,0	1668,0
Оксид кальция	CaO	56,0	631,8
Углекислый калий	K_2CO_3	138,0	1146,0
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	80,0	355,0
Азотнокислый калий	KNO_3	101,0	490,0
Перхлорат аммония	NH_4ClO_4	117,5	282,0
Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$	227,0	56,5
Динитронафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_4\text{N}_2$	218,0	35,2
Тетрил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_8\text{N}_5$	287,0	41,8
Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_6\text{N}_6$	222,0	87,4
Тэн	$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_{12}\text{N}_4$	316,0	512,9
Нитроглицерин	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$	227,0	350,7
Нитроглицоль	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2$	152,0	233,6

для четырехатомных

$$C_V = (41,9 + 18,8 \cdot 10^{-4}) \text{ Дж/(моль} \cdot ^\circ\text{C)};$$

для паров воды

$$C_V = (16,76 + 90 \cdot 10^{-4}) \text{ Дж/(моль} \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Объем газов взрыва определяется в соответствии с законом Авогадро, по которому 1 г/моль газа при нормальных условиях занимает объем 22,4 л.

Следовательно, объем газов (л/моль) взрыва

$$V = 22,4 N_r, \quad (4.19)$$

где N_r — количество молей образовавшихся газообразных продуктов взрыва.

В расчете на 1 кг ВВ объем газов взрыва (л/кг)

$$V_1 = 1000 V / M_{ВВ}. \quad (4.20)$$

При взрыве большинства промышленных ВВ газы нагреваются до 1800—4400 °С.

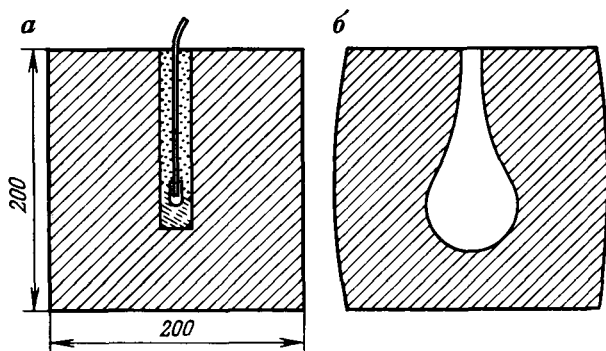


Рис. 4.3. Свинцовая бомба для определения работоспособности ВВ до взрыва (а) и после (б)

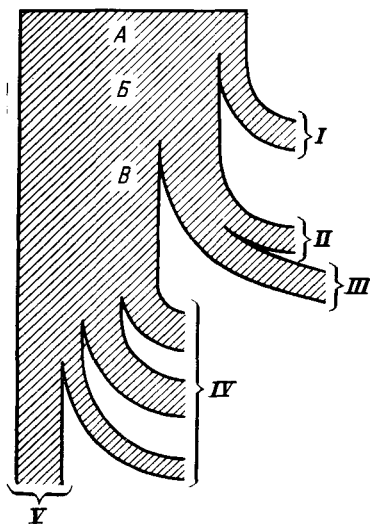


Рис. 4.4. Схема баланса энергии при взрыве (по А. Ф. Беляеву):

А — потенциальная энергия ВВ; Б — полная фактическая тепловая энергия взрыва; В — полная фактическая работа взрыва; I — химические потери; II — идеальные тепловые потери; III — потери тепла на нагревание окружающей среды; IV, V — бесполезные и полезные формы механической работы соответственно

Объем газов при взрыве 1 кг промышленных ВВ находится в широких пределах (от 300 до 1000 л/кг) и зависит от состава и плотности ВВ.

Работоспособность характеризует общее действие взрыва и определяется полным количеством энергии, выделяющейся при взрыве. Работоспособность устанавливают в свинцовой бомбе — бомбе Трауцля (рис. 4.3). Для испытания ВВ по способу Трауцля применяют бомбы из рафинированного свинца. Бомба имеет форму цилиндра высотой 200 ± 2 мм, диаметром 200 ± 2 мм, несквозной канал по оси цилиндра глубиной 125 ± 2 мм и диаметром $25 \pm \pm 0,5$ мм, в который помещают заряд испытуемого ВВ массой $10 \pm 0,01$ г в оловянной фольге с детонатором. Свободное пространство засыпают кварцевым песком. Заряд ВВ взрывают, после чего полость бомбы очищают и измеряют объем с помощью мерного цилиндра. Из полученного объема вычитают объем канала и объем полости взрыва одного капсюля-детонатора, который равен примерно 30 см^3 . Разность дает значение работоспособности ВВ (см^3).

Фугасное, или метательное, действие взрыва характеризуется перемещением или отбрасыванием породы на определенное расстояние.

Бризантное действие взрыва совершается в непосредственной близости от поверхности заряда. Бризантным действием обладают только бризантные ВВ, т. е. такие вещества, для которых характерным видом взрывчатого превращения является детонация.

Бризантное действие взрыва характеризуется разрушением породы на контакте с зарядом ВВ.

Бризантность ВВ с критическим диаметром до 60 мм определяется с помощью свинцовых столбиков зарядами массой 50 г при плотности $1,0 \text{ г/см}^3$, помещенных в бумажных патронах (проба Гесса). Между столбиком и зарядом прокладывают стальную пластинку диаметром 41 мм, а столбики располагают на массивной подставке. Сборку укрепляют шпагатом, взрывание производят капсюлем-детонатором. О бризантности судят по величине обжатия столбика, т. е. разности (в мм) между средними его высотами до и после взрыва. Бризантность большинства ВВ находится в пределах 10—30 мм.

Потенциальная энергия взрыва, заключенная в ВВ, используется при разрушении и перемещении горной породы следующим образом (рис. 4.4). В результате неполноты взрывчатого превращения отмечаются химические потери. Фактическая теплота не превращается полностью в работу вследствие тепловых потерь. Кроме того, значительная часть энергии затрачивается на бесполезные формы работы взрыва (отбрасывание породы, образование воздушной и сейсмической волны).

§ 10. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

При перевозке, хранении и применении ВВ могут подвергаться тепловому или механическому воздействию. Чувствительность ВВ к инициированию характеризуется минимальной величиной начального импульса, необходимого для возбуждения взрывчатого превращения ВВ. Для взрыва надо воздействовать на ВВ так, чтобы возбудить протекание в нем интенсивных реакций. Такое воздействие называют начальным импульсом. Формы энергии начального импульса могут быть различными. Это механическая (удар, трение), тепловая (луч, огонь) энергия, а также энергия взрыва другого ВВ и т. д. Чувствительность ВВ к механическим и тепловым воздействиям — важная характеристика ВВ для оценки безопасности их применения.

ВВ характеризуются различной чувствительностью к внешним воздействиям. Наиболее чувствительные — инициирующие ВВ, которые применяют в капсюлях-детонаторах и электродетонаторах. Промышленные ВВ обладают низкой чувствительностью, они безопасны при изготовлении, транспортировке, хранении и использовании с учетом соблюдения соответствующих правил.

Оценкой чувствительности ВВ к тепловому воздействию служит минимальная величина начального импульса. Температура вспышки — минимальная температура, при которой наступает воспламенение ВВ. Температура вспышки определяется свойствами ВВ (скоростью разложения и его тепловым эффектом) и факторами, влияющими на теплоотвод (величиной и формой навески ВВ, толщиной оболочки, скоростью нагрева и т. д.).

Чувствительность ВВ к удару оценивают на вертикальных или дуговых копрах. При этом масса навески ВВ составляет 0,005 г, масса груза — 10 кг, высота сбрасывания груза — 25 см. Для таких условий проводят 100 испытаний и определяют число и процент взрывов. Чувствительность ВВ к удару изменяется при наличии примеси.

Чувствительность ВВ к трению устанавливает возможность применения ВВ для механизированного заряжания, особенно при транспортировании ВВ шнеками. Чувствительность к трению определяют на специальном копре, в котором с помощью гидравлического пресса навеска ВВ сжимается поршнем между подвижными и неподвижными роликами. По верхнему подвижному ролику наносят боковой удар с помощью груза маятника. Характеристикой чувствительности к трению служит давление прижатия ВВ, при котором сдвиг боковым ударом вызывает определенное количество (в %) взрывов.

Чувствительность ВВ к инициирующему действию взрыва другого ВВ называется чувствительностью к детонации. Чувствительность вторичных ВВ обусловлена предельным инициирующим зарядом, т. е. минимальным зарядом инициирующего ВВ для

возбуждения детонации вторичного ВВ. Знание чувствительности ВВ к взрывным воздействиям необходимо для безопасного взрыва зарядов и хранения ВВ.

Глава 5

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

ВВ, предназначенные для взрывных работ в народном хозяйстве, называют промышленными.

Все промышленные ВВ разделены на два основных класса: взрывчатые химические соединения и взрывчатые механические смеси. Первый класс представляет собой химически однородные вещества (тротил, нитроглицерин, пироксилин и др.). Второй класс состоит из двух и более веществ, как взрывчатых, так и невзрывчатых. К ним относятся динамиты, аммониты, гранулиты, граммониты и другие взрывные смеси.

Большой ассортимент промышленных ВВ объясняется тем, что взрывные работы при разведке и разработке месторождений проводят в различных условиях. При ведении взрывных работ на открытых разработках могут применяться ВВ, при взрыве которых образуется большое количество ядовитых газов. При подземных горных работах должны применяться ВВ, при взрыве которых выделяется минимальное количество таких газов.

Выпускают ВВ в патронах, пакетах, мешках и ящиках, каждый из которых отличается цветом оболочек патронов и диагональных полос на ящиках и мешках.

По химическому составу ВВ разделяются на следующие:

1) нитросоединения и их сплавы (тротил, алюмотол, гексоген, тэн, тетрил);

2) нитроэфирсодержащие (динамиты, детониты, победиты, углениты);

3) аммиачно-селитренные (аммониты, аммоналы, граммониты, гранулиты, игданиты, динафталиты);

4) пороха (дымные, пироксилитовые, нитроглицериновые).

По чувствительности к внешним воздействиям различают высокочувствительные (азид свинца, гремучая ртуть, тетрил), повышенной чувствительности (тэн, гексоген, динамиты и др.), нормальной чувствительности (аммониты, аммоналы) и низкочувствительные (гранулиты, акватоны) ВВ.

Промышленные ВВ разделяют на непродохранительные и предохранительные. Непредохранительные ВВ применяют в условиях, исключающих образование взрывоопасной среды, а предохранительные — в опасных по газу или пыли шахтах.

Промышленные ВВ по условиям применения разделены на восемь классов (табл. 5.1).

Т а б л и ц а 5.1. Классификация промышленных ВВ

Класс ВВ	Вид ВВ	Условия применения
1	2	3
I	Непредохранительные	Взрывание только на дневной поверхности
II	»	Взрывание на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых отсутствует выделение горючих газов или пыли либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах
III	Предохранительные	Взрывание по породе в забоях подземных выработок, в которых отмечается выделение метана и отсутствует взрывчатая пыль
IV	»	Взрывание: по углю и (или) породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной или сланцевой пыли при отсутствии метана; по углю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых наблюдается выделение метана, кроме забоев, отнесенных к особоопасным по метану при взрывных работах; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок
V	»	Взрывание по углю и (или) породе в особоопасных по метану при взрывных работах забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метановоздушной смесью, находящейся в пересекающих шпур трещинах горного массива либо в выработке
VI	»	Взрывание: по углю и (или) породе в особоопасных по метану при взрывных работах забоях подземных выработок, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метановоздушной смесью, находящейся в пересекающих шпур трещинах горного массива либо в выработке; в угольных и смешанных забоях восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется метан, при длине выработок более 20 м и проведении их без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии
VII	Предохранительные ВВ и изделия из предохранительных ВВ IV—VII классов	Ведение специальных взрывных работ (водораспыление и распыление порошкообразных ингибиторов, взрывное перебивание деревянных стоек при посадке кровли, ликвидация завесаний горной массы в углеспускных выработках, дробление негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли

Продолжение табл.

Класс ВВ	Вид ВВ	Условия применения
1	2	3
Специальный (С)	Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них	Специальные взрывные работы, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли

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

§ 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОМЫШЛЕННЫМ ВВ

Большой ассортимент промышленных ВВ объясняется тем, что взрывные работы при разведке и разработке месторождений проводятся в различных условиях. При ведении взрывных работ на открытых разработках могут применяться ВВ, при взрыве которых образуется большое количество ядовитых газов. При подземных горных работах используют ВВ, при взрыве которых выделяется минимальное количество ядовитых газов.

Перечень рекомендуемых промышленных взрывчатых веществ приведен в табл. 5.2.

ВВ, имеющие разные взрывчатые физические и химические свойства, выбирают с учетом характера решаемых задач и условий ведения взрывных работ.

Условия ведения взрывных работ на дневной поверхности определяют требования, которым должны отвечать применяемые ВВ, а также перспективные направления в разработке их рецептур. Так, ВВ, применяемые на дневной поверхности, могут иметь критический диаметр более 100 мм.

При ведении взрывных работ на открытой поверхности нет ограничений по количеству ядовитых газов, выделяемых при взрывах, поэтому могут использоваться ВВ с кислородным балансом, не равным нулю. Однако применение ВВ с отрицательным кислородным балансом при взрывании на глубоких карьерах ограничено вследствие трудности удаления вредных газов из зоны глубоких горизонтов.

ВВ должны обладать хорошей сыпучестью, минимальной слеживаемостью при хранении и пылением при пересыпке, быть малочувствительными к механическим воздействиям, чтобы работы по заряданию скважин могли выполняться зарядными агрегатами.

Таблица 5.2. Характеристики ВВ, рекомендуемых для применения

ВВ	Расчетные характеристики				Экспериментальные характеристики		
	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж	Полная идеальная работа взрыва (в тепловом эквиваленте), кДж/кг	Объем газов, л/кг	Плотность, г/см ³	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с
<i>На открытых работах</i>							
Алюмотол	— 76,2	5266	4266	815 *	0,95	70—80 (25—30) *	5,5—6,0 *
Гранулотол	— 74,0	3642	2975	1045 *	0,90	60—80 (10—15) *	5,5—6,5 *
Гранитол-1	— 43,4	3770	3080	820	0,90—0,95	40—60	5,0—5,5 *
Гранитол-7А	— 52,0	4598	3722	800	0,90—0,95	40—50	5,0—5,3 *
Граммонит 30/70	— 45,9	3511	3033	800	0,85—0,90	40—60	3,8—4,5
Граммонит 50/50	— 27,2	3678	3509	810	0,85—0,90	40—50	3,6—4,2
Гранулит С-6М	— 1,3	3852	3205	980	1,00—1,05	80—100	2,5—3,0
Игданит	— 1,65 ÷ + 0,12	3973—4061	3164—3205	980—990	0,80—0,90	160—200	2,8—4,3
Карбатылы:							
ГЛ-10В **	— 21,4	5684	4440	844	1,55—1,60	150—160	4,5—5,0
ГЛ-15Т **	— 9,6	3427	2975	946	1,40—1,60	120—150	4,5—4,8
ФТ-10	—	—	—	—	—	—	—
Акватол Т-20:							
ифзаниты							
(Т-20 **	— 4,6	3176	2782	937	1,25—1,30	120—150	4,0—4,5
Т-60 **	— 0,4	3782	3182	920	1,40—1,45	100—120	5,0—5,5
Т-80**)	0	3941	3310	913	1,45—1,50	90—100	5,2—5,5
ГЛТ-20 **	— 3,8	3678	3100	905	1,45—1,50	80—100	4,9—5,0

Акванал А-10:

ипконит А-10	0,2—2,3	4520—4860	3520—3790	852—870	1,4—1,45	225—230	3,8—4,6
ГЛА-20 **	—4,1	4012	3373	895	1,5—1,58	80—100	4,8—5,0

В подземных условиях и рудниках, не опасных по газу или пыли

Аммонит № 6ЖВ	—0,53	4310	3556	895	1,00—1,20	10—13	3,6—4,8
Аммонит скальный № 1	—0,79	5400	4410	840	1,40—1,57	6—7	6,0—6,5
Аммонал водоустойчивый	+0,18	4930	3930	845	0,95—1,10	12—14	4,0—4,5
Аммонал скальный № 3	—0,78	5680	4430	810	1,00—1,10	8—10	4,0—4,5
Детонит М	+0,18	3780	4310	832	1,00—1,30	8—10	4,9—5,3
Динафталит	+0,30	4080	3300	920	1,00—1,15	13—14	3,5—4,6
Граммонит 79/21	+0,20	4310	3550	895	0,90—1,00	40—60	3,5—4,2
Гранулит АС-8В	+0,34	5190	3990	847	9,87—0,92	70—100	3,0—3,6
Гранулит АС-4	+0,41	4520	3640	907	0,80—0,85	70—100	2,6—3,2
Карботол 15Т	—10,00	3427	2975	946	1,55—1,60	150	4,5—4,8
Карботол ГЛ-10В	—21,40	5684	4440	844	1,57—1,60	200	4,5—5,1

* ВВ в водонаполненном состоянии.

** ВВ в твердом (застывшем) состоянии.

Большинство ВВ должны быть водоустойчивыми и иметь плотность выше 1 г/см^3 . Это необходимо при зарядании обводненных скважин. При этом смесь ВВ и воды должна устойчиво детонировать от мощного детонатора.

§ 3. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ТИПА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

По составу ВВ делятся на однокомпонентные (индивидуальные), состоящие из одного взрывчатого соединения, и смесевые, представляющие собой механическую смесь, сплав, а также раствор двух или нескольких компонентов.

Многие применяемые на практике ВВ содержат связанные с атомами углерода нитрогруппы NO_2 или нитратные группы NO_3 . Взрывчатые соединения, содержащие нитратную группу, называют нитроэфирами (нитроглицерин, нитроглицоль и др.), а соединения, содержащие нитрогруппу, — нитросоединениями (тротил, динитронафталин, гексоген и др.).

Как правило, все нитросоединения нерастворимы или малорастворимы в воде, практически негигроскопичны, водоустойчивы, причем с увеличением числа нитрогрупп взрывчатые свойства нитросоединений возрастают, а токсичность снижается.

Главными ВВ этой группы являются динамиты, применение которых на горных предприятиях очень ограничено.

Тротил (тринитротолуол, тол) — продукт нитрации толидола. Это кристаллический порошок светло-желтого цвета, нерастворимый в воде, химически стойкий. Температура плавления и вспышки составляет соответственно 80 и $280\text{—}300^\circ\text{C}$, плотность кристалла — $1,66 \text{ г/см}^3$.

Тротил обладает хорошими детонационными способностями, малочувствителен к внешним воздействиям и находит широкое использование в качестве компонента смесевых промышленных ВВ. Как промышленное ВВ он довольно часто применяется в чистом виде. Тротил имеет отрицательный кислородный баланс — 74% , легко детонирует от капсюля-детонатора в порошкообразном и прессованном виде.

Тротил выпускают порошкообразный, гранулированный, чешуированный, прессованный и литой.

Порошкообразный и прессованный тротил взрывается от капсюля-детонатора или от нескольких витков ДШ, гранулированный или литой тротил — от мощного промежуточного детонатора из тротильовых шашек или патронов аммонита.

Нитроглицерин $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$ — мощное и весьма чувствительное к механическим и тепловым воздействиям ВВ, кислородный баланс которого близок к нулю, а плотность составляет $1,6 \text{ г/см}^3$.

Используют только порошкообразные нитроэфирсодержащие ВВ: непридохранительные ВВ — детониты и предохранительные — углениты, победиты, серные и нефтяные аммониты. Применяются в желатинизированном состоянии в качестве компонентов бризантных ВВ и порохов.

Нитроглицоль $C_2H_4(ONO_2)_2$ по своим свойствам подобен нитроглицерину. Это малогигроскопичная прозрачная жидкость. Однако он более ядовит и чувствителен. Затвердевает при температуре $22^\circ C$. Смешиваясь с нитроглицерином, он образует растворы с температурой затвердевания до $-19^\circ C$. Применяется для снижения температуры замерзания нитроэфирсодержащих ВВ.

Гексоген $C_3H_6N_6O_6$ — белый кристаллический порошок плотностью $1,8 \text{ г/см}^3$, используется в качестве компонента мощных промышленных ВВ, вторичного заряда (вместо тротила) для капсюлей-детонаторов, а также для изготовления ДШ. Гексоген нерастворим в воде, токсичен, обладает высокой химической стойкостью и разлагается при температуре $200^\circ C$. Гексоген считается одним из наиболее мощных ВВ. Работоспособность его в свинцовой бомбе составляет 475 см^3 , скорость детонации — 8600 м/с при плотности $1,8 \text{ г/см}^3$.

Динитронафталин — серо-желтый порошок. Он водоустойчив, малорастворим в спирте и эфире, детонирует от промежуточных детонаторов. В чистом виде это слабое ВВ, применяемое только в смесевых составах.

§ 4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ НА ОСНОВЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Промышленные ВВ представляют собой смеси аммиачной селитры со взрывчатыми или невзрывчатыми соединениями. Чаше всего из ВВ используют тротил. Смеси с динитронафталином называют динафталитами, с гексогеном — скальными аммонитами. На основе аммиачной селитры с тротилом выпускают аммониты и граммониты. При наличии алюминия ВВ называют аммоналами или граммоналами.

Аммиачная селитра NH_4NO_3 (нитрат аммония) представляет собой белое или бледно-желтое кристаллическое вещество. Плотность кристаллов в зависимости от формы и структуры — $1,56—1,74 \text{ г/см}^3$. Аммиачная селитра — один из основных компонентов многих ВВ, в состав смесевых ВВ входит в качестве окислителя, так как содержит избыточный кислород. Это вещество очень гигроскопично, легко растворяется в воде и характеризуется слеживаемостью, т. е. потерей свойства сыпучести с образованием сплошной массы разной степени прочности. Примеси органических веществ даже в небольших количествах значительно повышают детонационную способность и энергию взрыва аммиач-

ной селитры. Аммиачную селитру применяют только как окислитель в различных взрывчатых смесях.

Аммониты — порошкообразные взрывчатые вещества, основные компоненты которых — аммиачная селитра и тротил. Их детонационные свойства повышают измельчением частиц, улучшением качества смешивания компонентов и увеличением содержания тротила.

Наиболее распространен аммонит № 6ЖВ, имеющий нулевой кислородный баланс, который часто применяют за эталонное ВВ.

Аммониты скальные — это аммониты с добавкой гексогена, имеют серо-стальной цвет. Считаются наиболее мощными и чувствительными из промышленных ВВ. Заряжаются, как правило, вручную вследствие повышенной чувствительности. Применяются при проходке стволов, восстающих и других горизонтальных выработок в крепких породах.

Аммониты выпускают в порошкообразном, прессованном и шнекованном виде, а также в патронах. Аммониты безопасны в обращении, имеют низкую стоимость, высокоэффективны при ведении взрывных работ в сухих породах средней крепости.

К недостаткам относятся: низкая водоустойчивость, высокая плотность, слеживаемость, гигроскопичность, мощность при взрывании крупноблочных крепких скальных пород. Аммониты в сухом состоянии при зарядании сильно пылят и способны электризоваться, образующаяся пыль очень чувствительна к электро-разряду.

Аммоналы — промышленные взрывчатые вещества, основные компоненты которых — аммиачная селитра, нитросоединения и дисперсный алюминий. Тонкодисперсные водоустойчивые ВВ серого цвета. Аммоналы по свойствам близки к аммонитам, детонируют от капсюля-детонатора, выпускаются россыпью и в патронах диаметром от 32 до 120 мм, применяются на очистных и проходческих работах.

Граммониты (гранулированный аммонит) — разновидность аммонитов — представляют собой смесь гранулированной аммиачной селитры и тротила. Граммониты выпускают следующих марок: 79/21 — на основе чешуйчатого тротила, 30/70 — на гранулированном тротиле и водоустойчивые — 50/50Б и 30/70Б, в которые тротил вводят в виде пленки, покрывающей гранулы селитры. Тротил наносят на гранулы селитры так называемым горячим смешением.

На подземных работах применяют граммонит 79/21 и 79/21В. Индекс В обозначает, что гранулы селитры для увеличения водоустойчивости покрыты слоем расплавленного тротила.

Граммониты выпускают россыпью в бумажных и полиэтиленовых мешках.

Граммоналы — это гранулированные аммоналы, которые отличаются от граммонитов тем, что гранулы представляют собой

отвердевшие суспензии измельченных селитры и алюминия в расплавленном тротиле.

Динафталиты — смесь аммиачной селитры и динитронафталина. Водостойчивы, не слеживаются. По своим характеристикам динафталит близок к аммониту № 6ЖВ. Производится в патронах и россыпном виде.

Игданит — простейшее ВВ, состоящее из смеси гранулированной аммиачной селитры и горючих жидких добавок (обычно дизельное топливо). Игданит имеет следующие свойства: теплоту взрыва 4096 кДж, работоспособность — 320 см³, бризантность 17 мм, объем газов взрыва 980 л/кг, скорость детонации 2,4 км/с, насыпную плотность 0,8—0,9 г/см³, критический диаметр 120—150 мм.

Взрывчатые свойства игданитов уступают свойствам аммонитов. Игданиты гигроскопичны и водостойчивы, взрываются только от промежуточного детонатора. Характерная особенность игданитов — возможность их изготовления непосредственно перед применением на месте работ.

Гранулиты — гранулированные промышленные взрывчатые вещества. Основные компоненты гранулитов — аммиачная селитра и горючие невзрывчатые материалы. Как правило, это игданиты, на которые для повышения теплоты взрыва нанесена алюминиевая пудра (гранулиты марки АС-4 и АС-8) или древесная мука (гранулит марки С).

Гранулиты неводостойчивы, детонируют от промежуточного детонатора, выпускаются россыпью в мешках, используются при добычных и проходческих работах.

§ 5. ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ

Водосодержащие ВВ — промышленные взрывчатые вещества, содержащие воду или водные растворы окислителей.

Кроме аммиачной селитры, алюминия, воды, тротила или гексогена в состав водосодержащих взрывчатых веществ (ВВВ) включают загустители, с помощью которых их переводят в гелеобразное или текучее состояние. В качестве жидкого наполнителя и пластифицирующего материала применяют насыщенные гелеобразные растворы селитры.

К группе водосодержащих ВВ относятся акватолы, ифзаниты, карбатолы, горячельющиеся и эмульсионные ВВ, а также акваниты и акваналы.

ВВВ маловосприимчивы к детонационному импульсу, детонируют только от мощного детонатора типа тротиловой шашки, патрона скального аммонита или детонита. ВВВ применяют как на открытых работах (акватолы и ифзаниты), так и на подземных (акваниты).

Акватолы — водосодержащие ВВ, предназначенные только

для применения на открытых горных выработках. Они имеют отрицательный кислородный баланс — от 15 до 25 %.

Горячельющиеся ВВВ готовят следующим образом: насыщенный горячий (температура 75 °С) раствор аммиачной селитры смешивают с тротилом. По такому способу изготавливают горячельющиеся акватоны и ифзаниты.

Ифзаниты — аммиачно-селитренные ВВ, приготовленные смешением аммиачной селитры и тротила с концентрированным раствором аммиачной селитры.

Акваниты — водосодержащие ВВ, предназначенные для применения на подземных работах, с кислородным балансом, близким к нулевому.

ВВВ относятся к мощным средствам, взрывчатые свойства которых близки к свойствам аммонитов и аммонала. Однако вследствие высокой плотности заряжания концентрация их энергии в 1,2—1,5 раза выше, чем у аммонитов и аммоналов. ВВВ можно заряжать шпуры и скважины при проведении горных выработок.

§ 6. НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИЕ ВВ

Нитроэфиросодержащие ВВ — промышленные взрывчатые вещества, один из компонентов которых — жидкие нитроэфиры. В зависимости от концентрации нитроглицерина различают низко-, средне- и высокопроцентные ВВ. По структуре они бывают порошковыми, полупластичными и пластичными.

Широкое распространение в СССР получили порошковые ВВ: непригодные — детониты и предохранительные — аммониты, углениты и ионит.

Детонит — непригодный взрывчатое вещество с добавкой нитроэфиров. Детонит 10А близок по составу и структурным особенностям к аммоналам, но содержит нитроэфиры. В детоните М тротила нет, но повышено содержание алюминия.

Детониты обладают высокими взрывчатыми свойствами и являются высокомогущими ВВ. Основной их недостаток — повышенное токсичное действие на человека. Выпускаются детониты в патронах диаметром 24—36 мм.

Угленит — предохранительное нитроэфиросодержащее взрывчатое вещество, включающее окислитель и пламегаситель.

На горных предприятиях применяют углениты Э-6, № 5, № 7, аммониты АП-5ЖВ и Т-19, серный аммонит. Угленит № 5 — мало-могущее высокопредохранительное ВВ, используемое для взрывания открытыми зарядами породы и угля в шахтах, опасных по газу или пыли.

Характерная особенность предохранительных ВВ — очень ослабленное разрушительное действие взрыва — тем меньше, чем больше солей пламегасителей в их составе.

§ 7. ПОРОХА

По составу различают нитроцеллюлозные и смесевые пороха.

Нитроцеллюлозными (бездымными) называют ВВ, изготовленные из нитратов целлюлозы с различным содержанием азота путем растворения их во взрывчатых и невзрывчатых растворителях.

Бездымные пороха имеют следующие физические и взрывные свойства: плотность 1,50—1,65 г/см³, насыпную плотность 0,6—0,9 г/см³, бризантность 6—24, работоспособность 180—360 см³, скорость детонации 3,5—8,0 км/с, температуру вспышки 180—200 °С, теплоту взрыва 2900—4930 кДж. Выпускаются в виде элементов разных форм (пластинчатых, ленточных, трубчатых и др.) и размеров.

В зависимости от технологии приготовления и их свойств бездымные пороха делятся на пироксилиновые и нитроглицериновые.

Пироксилиновые пороха представляют группу нитроцеллюлозных бездымных порохов и характеризуются большой детонационной способностью, особенно в воде.

Нитроглицериновые пороха представляют собой твердую желатиновую массу, полученную в результате пластификации нитроцеллюлозы нитроглицерином или другими нитроэфирами. В зависимости от состава их физические и взрывчатые свойства следующие: теплота взрыва 2900—5100 кДж, работоспособность 180—360 см³, бризантность 6—12 мм, скорость детонации 3,5—8 км/с, температура вспышки от 180 до 200 °С, фактическая плотность 1,5—1,65 г/см³, насыпная плотность 0,6—0,9 г/см³.

Нитроглицериновые пороха, напротив, детонируют в воде слабее. При этом скорости детонации, как и у индивидуальных бризантных ВВ, высокие.

Смесевые пороха бывают сыпучими (дымными) и твердыми монолитными.

Дымный порох представляет собой зерна темно-серого цвета, у крупного пороха зерна размером 3—8,5 мм, у мелкого — 1,5—3 мм, допустимая влажность не более 1 %. Дымный порох чрезвычайно чувствителен к действию пламени, искр и трению. Порох является опасным в обращении ВВ. В шпурах или скважинах порох сгорает со скоростью 400 м/с. Применяется при добыче штучного камня и для изготовления огнепроводного шнура. В огнепроводном шнуре опасность пороха значительно снижается за счет тканевой оплетки.

Смесевые пороха — твердые смеси неорганического окислителя (нитраты, перхлораты) и металлического горючего вещества (алюминий, магний), соединенные органическим горючим — полимерами, смолами и др.

§ 8. ВЫБОР ТИПА ВВ И УСЛОВИЯ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

ВВ выбирают в соответствии с их техническими характеристиками на основе технико-экономического сравнения. При этом учитывают свойства взрывающей среды (прочность, трещиноватость и т. д.), степень обводненности, возможность и необходимость механизированного заряжения, а также метод ведения взрывных работ.

Абсолютной водоустойчивостью обладают гранулол и алюмотол. Граммонит 30/70 и акватолы на карбоксиметилцеллюлозе растворяются в воде, поэтому их можно применять в малообводненных и обводненных скважинах без проточной воды.

В соответствии с типовой методикой оценки технико-экономической эффективности внедрения новой техники соответствующий экономический эффект вычисляют по формуле

$$\sum C_i + EK_i = \min, \quad (5.1)$$

где C_i — эксплуатационные затраты при применении данного ВВ, руб/м³; K_i — капитальные затраты, руб/м³; E — коэффициент эффективности капитальных вложений (для горной промышленности $E=0,15$).

Применительно к взрывным работам при замене одного ВВ другим капитальные затраты обычно не меняются, так как при этом количество бурильных машин остается постоянным.

Экономическую эффективность применения разных ВВ при равной степени дробления оценивают по формуле

$$\sum C_i = \min, \quad \sum C_i = C_b + C_6, \quad (5.2)$$

где C_b , C_6 — затраты соответственно на взрывание и бурение.

Затраты на бурение и взрывание составляют

$$C_6 = C_1/\gamma, \quad (5.3)$$

$$C_b = qC_2, \quad (5.4)$$

где C_1 — стоимость бурения 1 м шпура, руб/м; γ — выход горной массы с 1 м шпура, м³/м; C_2 — стоимость 1 кг ВВ, руб/кг; q — удельный расход ВВ, кг/м³.

Окончательно

$$\sum C_i = C_b + C_6 = q \left(\frac{C_1}{\frac{K_i}{\eta} \frac{P_0}{0,9} \Delta} + C_2 \right) e, \quad (5.5)$$

где η — коэффициент использования шпура (КИШ); e — переводной коэффициент ВВ; P_0 — вместимость 1 м шпура; Δ — плотность заряжения.

Как видно из формулы (5.5), выбор наиболее эффективного ВВ не зависит от степени взрываемости пород, а определяется их буримостью, стоимостью 1 кг ВВ и его плотностью.

В условиях конкретного применения ВВ выбирают с учетом этих соображений, а также практического опыта горного предприятия и технологичности ВВ в соответствии с принятой схемой механизации взрывных работ.

§ 9. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ИСПЫТАНИЙ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Испытания взрывчатых материалов (ВМ) — это проверка по определенной методике на безотказность их действия и пригодность к дальнейшему хранению.

Испытания ВМ осуществляют на базисных и расходных складах. Если ВВ и средства инициирования поступают на склад непосредственно от заводов-изготовителей или из базисного на расходный склад в исправной таре, то при наличии сертификатов испытания не проводят.

ВМ подвергают испытаниям в любое время при возникновении сомнений в их доброкачественности на основании осмотра или отрицательных результатов применения (отказы, неполная детонация).

Обязательно испытывают все ВМ с истекшим гарантийным сроком хранения, а затем через каждые 3 мес.

При неудовлетворительных результатах испытаний вся партия ВМ бракуется, а вопрос о дальнейшей возможности ее использования решается комиссией с участием представителя завода-изготовителя.

Взрывчатые материалы в зависимости от типа ВВ и средств инициирования (СИ) подвергают следующим испытаниям:

нитроэфирные ВВ — наружному осмотру тары и отобранных патронов, определению наличия экссудата, на передачу детонации;

аммиачно-селитренные ВВ — наружному осмотру тары и отобранных патронов, на способность передачи детонации, определению содержания влаги;

дымные пороха — наружному осмотру тары и порохов, проверке наличия пыли и прочности порохового зерна;

ЭД, КД — наружному осмотру тары, внешнему осмотру отобранных электродетонаторов и капсюлей-детонаторов;

ОШ — наружному осмотру тары; внешнему осмотру отобранного огнепроводного шнура на скорость, полноту и равномерность горения, на водостойкость;

ДШ — наружному осмотру тары, внешнему осмотру отобранного детонирующего шнура, на безотказность взрывания по установленным схемам, на водоустойчивость.

Испытание взрывчатых веществ осуществляется наружным осмотром на передачу детонации и химическую стойкость.

При наружном осмотре партии ВВ в ящиках обращают вни-

мание на их исправность, наличие пломб и четких трафаретов. Ящики с дефектами отбирают, затем проверяют целость их внутренней упаковки. При поврежденной упаковке проверяют вес.

ВВ на основе нитроэфиров не должны иметь признаков экссудации. Экссудирующие ВВ подлежат уничтожению.

При испытании на детонацию подрывают два патрона стандартных размеров массой 200 г, расположенные строго на одной прямой с соответствующим интервалом между торцами. Детонация второго патрона должна произойти от патрона-боевика. О передаче детонации судят по углублению в грунте и отсутствию невзорвавшегося ВВ. Если в одном из четырех опытов повторного испытания не будет получена полная детонация, то ВВ бракуют.

Водоустойчивые ВВ испытывают на передачу детонации после замачивания их в воде в течение 24 ч и более. На передачу детонации испытывают ВВ патронированные и прессованные. Содержание влаги определяют по разности навески ВВ до и после просушивания.

Испытание электродетонаторов — процесс проверки ЭД на соответствие требованиям правил безопасности и действующих стандартов.

Наружный осмотр ЭД с металлическими гильзами заключается в выявлении на их поверхности признаков окисления, загрязнения, трещин, вмятин или раковин.

Электродетонаторы бракуют при слабой обжимке гильзы, нарушении изоляции проводов, загрязнении и окислении зачищенных концов проводов. Сопротивление должно соответствовать величине, указанной в паспорте. При получении отклонений сопротивлений от указанных в паспорте электродетонаторы к применению не допускаются.

Испытание капсюлей-детонаторов по Единым правилам безопасности при взрывных работах предусматривает только наружный осмотр. При наружном осмотре металлические гильзы не должны иметь трещин и раковин, а бумажные — отслаивания бумаги у дульца, препятствующего введению огнепроводного шнура. Внутренняя поверхность гильз не должна иметь следов засорения.

Капсюли-детонаторы с дефектами подлежат уничтожению.

Испытание огнепроводного шнура. Из каждой поступившей партии вскрывается один ящик, все бухты которого подвергаются наружному осмотру. Наружным осмотром устанавливают возможные переломы, трещины в оболочке, разлохмачивание концов, следы замокания. При обнаружении указанных дефектов всю партию ОШ бракуют.

Испытание огнепроводного шнура на скорость, полноту и равномерность горения проводят только после испытания на водостойчивость.

Если один шнур из партии дал затухание после замачивания, то всю партию используют только в сухих условиях. Скорость

горения нормально горящего шнура длиной 60 см находится в пределах 60—70 с. При отклонениях от этого времени, а также при затухании горения шнур бракуют.

Испытание детонирующего шнура. Осмотром ДШ устанавливают нарушение целостности оболочки, пропусков сердцевины, переломы, утончение и утолщение. При числе бухт с дефектами, превышающем 10 % от количества проверенных, всю партию бракуют.

При испытании детонирующего шнура на безопасность взрывания берут три бухты, отрезают от каждой пять отрезков по 1 м и последовательно присоединяют их к оставшимся длинным (45 м) кускам ДШ, служащим в качестве отдельных магистральных линий. Детонирующий шнур, давший при взрыве в трех схемах более одного отказа на магистралях или более двух отказов в подсоединениях, считают бракованным.

Испытания водоустойчивых ДШ проводят после замачивания их в воде на глубине 1 м. При использовании в обводненных условиях ДШ выдерживают под водой в течение 1 ч, для работ в воде — в течение 4 ч. Перед погружением в воду торцы ДШ герметизируют изолирующей мастикой, длина отрезка составляет 5 м. Затем его разрезают на 5 равных частей и связывают морскими узлами последовательно в одну линию. При взрыве детонирующий шнур должен полностью детонировать. Шнур, не выдержавший испытаний на водоустойчивость, применяется при ведении взрывных работ в сухих условиях.

Взрывчатые материалы, которые не выдержали испытаний, т. е. не соответствуют требованиям технических условий или ГОСТам, считаются непригодными для дальнейшего использования и подлежат уничтожению.

Работы по уничтожению ВМ производят под руководством главного инженера предприятия, технического руководителя или руководителя взрывных работ.

При уничтожении ВМ составляют акт в двух экземплярах, в котором указывают количество и наименование ВМ, причины и способ их уничтожения.

Глава 6

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ

Промышленные ВВ взрывают с помощью средств иницирования, которые передают импульс заряду ВВ и тем самым вызывают его детонацию. Импульс образуется в результате взрывания заряда

инициирующих ВВ, помещенных в капсули-детонаторы и электродетонаторы.

На горных предприятиях применяют следующие способы взрыва: огневой, электроогневой, электрический и с помощью детонирующего шнура.

При огневом способе взрывание осуществляют с помощью огнепроводного шнура, капсуля-детонатора и средств поджигания. Электроогневое взрывание производят капсулем-детонатором, огнепроводным шнуром и электрозажигательным патроном.

При электрическом взрывании используют электродетонаторы, провода, источники тока и контрольно-измерительные приборы.

Взрывание с помощью детонирующего шнура осуществляется с помощью следующих средств инициирования: ДШ, КД или ЭД. Инициирование детонирующего шнура осуществляют с помощью капсуля-детонатора или электродетонатора.

Различают мгновенное, короткозамедленное и замедленное взрывание.

При мгновенном взрывании заряды детонируют практически одновременно. Мгновенное взрывание зарядов ВВ осуществляют с помощью детонирующего шнура или электродетонаторов мгновенного действия.

Взрывание, при котором группа зарядов ВВ взрывается в определенной последовательности с интервалом времени 25—250 мс, называется короткозамедленным. Взрывание осуществляют с помощью электродетонатора короткозамедленного действия (ЭДКЗ) или ДШ с набором пиротехнических замедлителей детонирующего шнура типа КЗДШ.

Замедленным называют такой способ взрыва, при котором интервалы между отдельными взрывами зарядов ВВ составляют 0,5—10 с. Взрывание производят с использованием ЭД замедленного действия.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ОГНЕВОГО И ЭЛЕКТРООГНЕВОГО СПОСОБОВ ВЗРЫВАНИЯ

Огневой способ взрыва зарядов применяют на открытых работах и при проведении горизонтальных и наклонных выработок, в шахтах, не опасных по газу и пыли, при взрывании шпуровых, скважинных, камерных и наружных зарядов, а также при инициировании сетей ДШ.

Этот способ взрыва позволяет считать взрывающиеся заряды без специальных приборов.

Для ведения взрывных работ необходимо изготовить зажигающие и контрольные трубки, а также патроны-боевики.

При проведении горно-разведочных выработок в подземных условиях с использованием метода шпуровых зарядов допускается зажигание за один прием не более 16 шнуров, в случае при-

менения зажигательных патронов число шнуров, зажигаемых за один прием, должно быть не более 10 на забой.

При ведении взрывных работ в наклонных выработках с углом падения более 30° следует применять электрическое или электроогневое взрывание.

Электроогневое взрывание используют при проходке вертикальных и наклонных восстающих выработок. При этом способе взрывания огнепроводный шнур зажигают электрозажигательными патронами.

Электрозажигательный патрон ЭЗП-Б — бумажная гильза, на дне которой помещена лепешка из воспламеняющегося состава. В лепешку вмонтирован электронагреватель — мостик накаливания. ЭЗП-Б применяют в сухих и влажных условиях, выпускаются пяти размеров — от № 1 до № 5.

Электрозажигатели огнепроводного шнура ЭЗОШ-Б предназначены для поджигания отрезка ОШ одиночных зарядов в сухих и влажных условиях. В сочетании с зажигательными патронами ЭЗП-Б могут использоваться для группового поджигания большого числа ОШ. Срабатывает от постоянного тока 1 А и переменного 2,5 А.

Электрозажигательная трубка ЭЗТ-2 состоит из медной гильзы, в которую вмонтирован электровоспламенитель. Такие трубки выпускают длиной от 250 до 650 мм. Электрическое сопротивление ЭЗТ-2 составляет 1,6—3,8 Ом. При использовании электрозажигательных патронов ЭЗП-Б длина огнепроводного шнура 25 см.

Практически при групповом поджигании огнепроводных шнуров длины их должны быть такими, чтобы можно было собрать все концы в один пучок. Длина огнепроводного шнура зажигательной трубки должна обеспечить отход взрывника в безопасную зону до взрыва первого заряда при последовательном поджигании шнуров.

Могут использоваться также изолированные установочные провода ПРТО и АПРТО, ПВ и АПВ. Для магистралей помимо указанных возможно применение гибких кабелей КРПСН, ШВБЭ и ГРШЭ.

При огневом и электроогневом взрывании необходимо вести учет взорвавшихся зарядов, подходить к месту взрыва разрешается не ранее чем через 15 мин, считая с момента последнего взрыва.

Достоинства огневого и электроогневого способов взрывания — простота выполнения работ и низкая стоимость средств взрывания.

Недостатки огневого взрывания — значительная опасность для взрывника, находящегося при зажигании непосредственно у зарядов, невозможность проверки какими-либо приборами качества подготовки зарядов к взрыву, а также получения точных интервалов замедлений, образование большого количества ядовитых

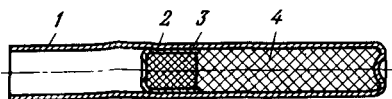


Рис. 6.1. Капсюль-детонатор:

1 — гильза; 2 — чашечка; 3 — гремучая ртуть; 4 — тетрил

газов при сгорании огнепроводного шнура. Эти недостатки при-
сути и электроогневому способу взрывания. Однако при электро-
огневом взрывании можно поджечь огнепроводный шнур из безо-
пасного места.

Средствами инициирования называют совокупность принад-
лежностей, предназначенных для взрывания зарядов промышлен-
ных ВВ.

В зависимости от применяемого способа взрывания (огневой,
электрический, электроогневой и с помощью детонирующего
шнура) применяют различные средства инициирования.

К СИ относятся капсюль-детонатор, зажигательная трубка,
патрон-боевик и средства зажигания.

Капсюль-детонатор (рис. 6.1) предназначен для возбуждения
детонации ВВ при производстве работ огнем способом взрыва-
ния. Капсюль-детонатор представляет собой комбинированный
заряд из запрессованных в металлическую гильзу первичного
и вторичного зарядов инициирующего ВВ. Гильзы изготовляют
из бумаги (КД8-Б), алюминия (КД8-А), стали и биметалла
(КД8-С).

Огнепроводный шнур применяют для передачи за определен-
ный промежуток времени пучка искр капсюлю-детонатору. Огне-
проводный шнур выпускают отрезками 10 м марок ОША (ОШДА)
и ОШП. Он имеет сердцевину из дымного пороха с направляющей
нитью и оплетки, покрытые водонепроницаемой массой (рис. 6.2).
Время горения отрезка шнура 60 см находится в пределах 60—70 с.

При ведении взрывных работ огнем или электроогнем
способом используют средства зажигания ОШ — зажигательные
фитили и свечи, зажигательные и электрозажигательные патроны
(рис. 6.3).

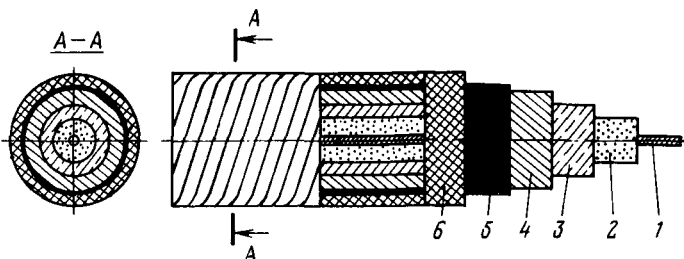


Рис. 6.2. Огнепроводный шнур марки ОША:

1 — направляющая нить; 2 — сердцевина из дымного пороха; 3, 4, 6 — первая, вторая
и третья оплетки соответственно; 5 — водоизолирующее покрытие

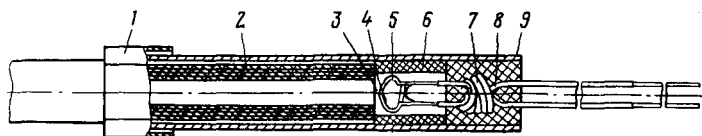


Рис. 6.3. Электрозажигательный патрон ЭЗ-ОШ-Б:

1, 6 — втулки; 2 — огнепроводный шнур ОШДА; 3, 4 — зажигательный и воспламенительный составы соответственно; 5 — мостик накаливания; 7 — провод; 8 — пробка; 9 — гильза

Зажигательной трубкой называется капсюль-детонатор, соединенный с отрезком огнепроводного шнура.

Зажигательный тлеющий фитиль состоит из хлопчатобумажной или льняной сердцевины, пропитанной раствором калиевой селитры и покрытой сверху оплеткой. Фитиль загорается от искры и тлеет со скоростью 0,5—1 см/мин.

Зажигательная свеча представляет собой бумажную гильзу диаметром 10 мм и длиной 20 мм, заполненную на 3/4 длины горючим составом и на 1/4 негорючим веществом.

Электрозажигательный патрон состоит из картонной гильзы, покрытой влагонепроницаемой, электрозапала и воспламенительного состава.

При огневом взрывании для инициирования ДШ, патронов-боевиков или зарядов взрывчатого вещества применяют зажигательные трубки. Зажигательные трубки включают капсюль-детонатор и введенный в него отрезок ОШ. Длина зажигательных трубок должна быть не более 10 м. При длине трубки более 4 м используют дублирующие зажигательные трубки, которые должны загораться одновременно.

При ведении взрывных работ на дневной поверхности при зажигании пяти и более зажигательных трубок для контроля времени на зажигание применяют контрольные трубки, которые состоят из огнепроводного шнура и капсюля-детонатора в бумажной гильзе. Вначале зажигают контрольную трубку, огнепроводный шнур которой должен быть на 60 см короче шнуров используемых зажигательных трубок, но не менее 40 см.

При проведении выработок в подземных условиях для этих целей применяют контрольные отрезки ОШ без капсюля-детонатора.

Электродетонатор (рис. 6.4) представляет собой капсюль-детонатор, в свободную часть гильзы которого вмонтирован электровоспламенитель (ЭВ), служащий для инициирования зарядов взрывчатых веществ. ЭВ состоит из воспламенительной головки, устройства для ее зажигания и выводных проводов. При прохождении тока через зажигательное устройство выделяется тепло, от которого загорается воспламенительная головка. Луч огня от воспламенительной головки вызывает взрыв заряда

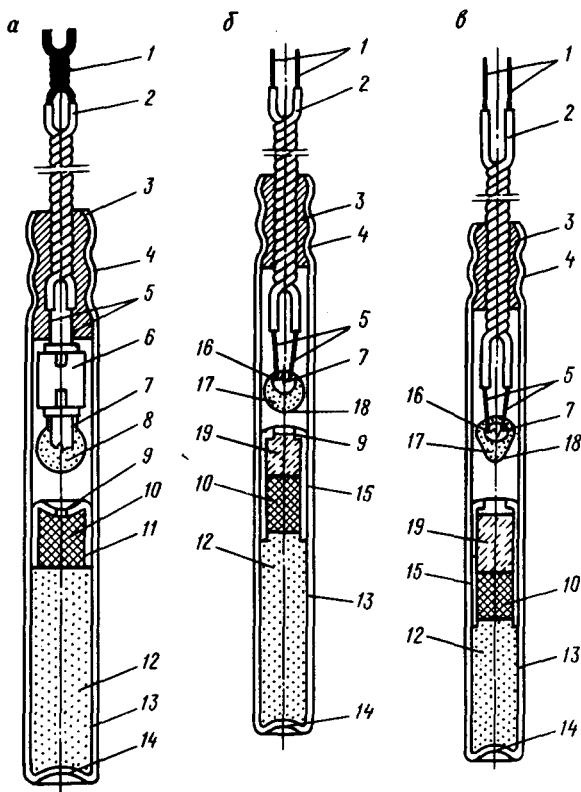


Рис. 6.4. Электродетонаторы ЭД-8-Ж (а), ЭДКЗ (б) и ЭДЗД (в):

1, 5 — концы выводных проводов; 2 — изоляция проводов; 3 — пластиковая пробка; 4, 13 — гильза; 6 — каркас мостика накаливания; 7 — мостик накаливания; 8, 17 — воспламенительная головка; 9 — запальное отверстие чашечки; 10 — гремучая ртуть; 11, 15 — нормальная и удлиненная чашечки; 12 — заряд тетрила или гексогена; 14 — кумулятивная выемка; 16, 19 — зажигательный и замедляющий состав; 18 — нитролаковая пленка

инициирующего ВВ детонатора и ЭД. Различают ЭД мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия.

Промышленностью выпускаются электродетонаторы мгновенного действия марок ЭД-8-Э, ЭД-8-Ж, ЭД-8-ПМ, ЭД-1-8-Т и др.

Электродетонаторы мгновенного действия характеризуются сопротивлением ЭД (Ом), безопасным, длительным воспламеняющим и стомиллисекундным током (А), импульсом воспламенения электродетонатора ($A^2 \cdot ms$), временем срабатывания (мс).

Электродетонаторы короткозамедленного действия применяют при короткозамедленном взрывании. ЭДКЗ изготавливают с замедлениями 25, 50, 75, 100, 250 мс.

Электродетонаторы замедленного действия (ЭДЗД) отличаются от ЭДКЗ тем, что время их срабатывания исчисляется секундами. Время срабатывания ЭДЗД приведено ниже.

Степень замедления . . .	7	8	9	10	11	12	13	14
Время срабатывания, с . .	0,50	0,75	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00

При пропускании тока через цепь электродетонаторов, соединенных последовательно, воспламенители в них вспыхивают одновременно, а детонаторы взрываются в последовательности, обозначенной на бирках.

§ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ВЗРЫВАНИЕ, ИСТОЧНИКИ ТОКА И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Электрический способ — один из основных способов взрывания. Преимущество электрического способа взрывания по сравнению с огневым состоит в отсутствии вредных газов, выделяемых при горении огнепроводного шнура, производстве взрывов с любого расстояния, обеспечении одновременного взрывания зарядов и с интервалами по сериям. Электрическое взрывание применяют также при производстве взрывных работ в шахтах, опасных по газу и пыли.

Электровзрывная сеть состоит из электродетонаторов с проводами, соединяющими их между собой, и источника тока или минной станции.

Работы по электровзрыванию производят в следующем порядке: расчет взрывной сети, подбор и проверка сопротивлений электродетонаторов, изготовление патронов-боевиков, зарядание, монтаж электровзрывной сети и ее проверка, подсоединение магистральных проводов к источнику тока и взрывание.

Этот способ имеет ряд недостатков: сложность монтажа, необходимость расчета и проверки электровзрывной сети; возможность преждевременных взрывов под действием блуждающих токов.

В качестве источников тока используют взрывные машинки, силовую и осветительную сети.

Источники тока при электрическом взрывании должны обеспечить поступление в электровзрывную сеть импульса тока, достаточного для воспламенения наименее чувствительного электродетонатора.

На горных предприятиях в качестве источников тока применяют осветительную или силовую сеть и автономные приборы взрывания.

Автономные приборы взрывания имеют собственные источники энергии.

Приборы с источником энергии в виде маломощного генератора с ручным приводом называются взрывными машинками.

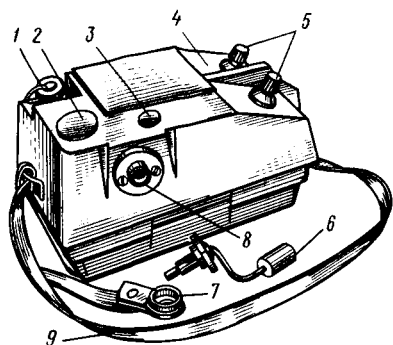
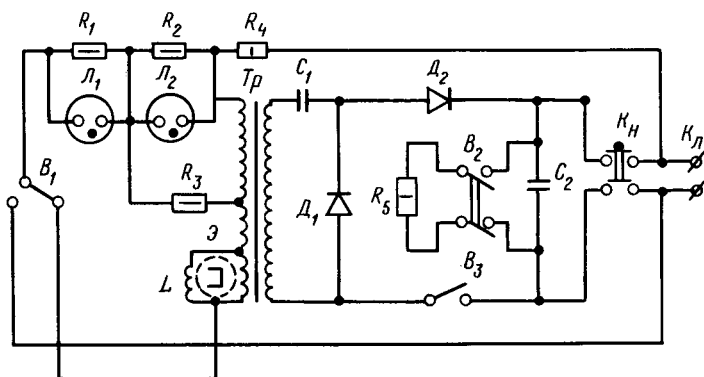


Рис. 6.5. Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500:

1 — розетка штепсельного разъема; 2 — взрывная кнопка; 3 — окно светосигнального устройства; 4 — корпус; 5 — линейные зажимы; 6 — приводная рукоятка; 7 — заглушка гнезда приводной рукоятки; 8 — гнездо приводной рукоятки; 9 — плечевой ремень

Рис. 6.6. Принципиальная электрическая схема взрывной машинки КПМ-3



Во взрывных приборах источником энергии служат гальванические элементы или аккумуляторы.

Взрывные приборы и машинки, действие которых основано на принципе медленного (в течение 10—20 с) накопления в конденсаторе электроэнергии, получаемой в процессе зарядки от мало-мощного первичного источника тока, и быстрого разряда в течение 3—5 мс во взрывную сеть, называются конденсаторными.

Конденсаторные взрывные машинки в зависимости от источника заряжания конденсатора-накопителя можно разделить на индукторные, аккумуляторные и батарейные.

К индукторным взрывным машинкам относятся приборы ВМК-1/35, ВМК-1—100, которые предназначены для взрывания электродетонаторов в шахтах, опасных по газу или пыли. Машинки ВМК-500, КМП-2, КМП-1А применяются для взрывания электродетонаторов при ведении взрывных работ в шахтах, не опасных по газу и пыли, и на открытой поверхности.

Наибольшее распространение получили конденсаторный взрывной прибор с испытателем взрывной цепи ПИВ-100М и конденсаторная взрывная машинка ВМК-500 (рис. 6.5) и КМП-3.

Принцип действия машинки КПМ-3 состоит в том, что электрическая энергия маломощного генератора аккумулируется в течение нескольких секунд в виде заряда на конденсаторе-накопителе с последующей отдачей накопленной энергии в электровзрывную сеть. Принципиальная электрическая схема КПМ-3 представлена на рис. 6.6.

Напряжение, развиваемое генератором, состоящим из катушки и постоянного магнита $\mathcal{E}$, повышается трансформатором Tr и схемой удвоения, включающей два селеновых выпрямителя D_1 и D_2 и конденсатор C_1 . Выпрямленный ток повышенного напряжения заряжает конденсатор-накопитель C_2 .

Переключатель B_3 автоматически замыкается с началом вращения приводной ручки и удерживается в этом положении при частоте вращения ручки не менее 4 с^{-1} .

Когда напряжение на конденсаторе-накопителе достигает номинального значения (1600 В), зажигается неоновая лампа L_1 , сигнализирующая о готовности машинки к производству взрыва.

С прекращением вращения ручки сигнальная лампа гаснет, переключатель B_2 размыкается и отключает конденсатор-накопитель C_2 от зарядной цепи, чем исключает возможность разрядки его через выпрямители D_1 , D_2 . При нажатии кнопки K_n («Взрыв») ее контакты подключают конденсатор-накопитель C_2 к зажимам K_l , и электрический заряд поступает в электровзрывную сеть. В свободном состоянии кнопка K_n отключает конденсатор-накопитель C_2 от линейных зажимов K_l .

При извлечении приводной ручки из гнезда привода генератора переключатель B_2 замыкается (при вставленной приводной ручке переключатель разомкнут), и конденсатор-накопитель полностью разряжается на сопротивлении R_5 .

В машинке предусмотрено устройство для контроля готовности к производству взрыва. Устройство выполнено по схеме делителя напряжения, составленного из трех последовательно соединенных сопротивлений R_1 , R_2 , R_4 .

Параллельно сопротивлениям R_1 и R_2 подсоединены неоновые лампы-индикаторы L_1 и L_2 , свечение которых зависит от падения напряжений на соответствующем сопротивлении. Одновременно лампа L_1 является сигнальной индикаторной лампой в схеме зарядки машинки. Машинка выполнена в пластмассовом корпусе.

Техническая характеристика конденсаторных взрывных машин и приборов приведена в табл. 6.1.

Сетевые взрывные приборы служат для подачи тока в электровзрывную цепь от сетей переменного или постоянного тока.

По принципу действия сетевые приборы переменного тока подразделяют на приборы с прямым включением тока, с включением тока в фиксированной точке синусоиды, выпрямительные и конденсаторные.

Т а б л и ц а 6.1. Техническая характеристика конденсаторных взрывных машин и приборов

Наименование, марка	Исполнение	Источник питания	Допустимое сопротивление последовательной взрывной сети при ЭД нормальной чувствительности, Ом	Допустимое число одновременно взрываемых ЭД нормальной чувствительности при последовательном соединении	Напряжение на конденсаторе-накопителе, В	Масса, кг
Конденсаторные взрывные машинки:						
КПМ-1А	Н	Индуктор	350	100	1500	1,6
КПМ-3			600	200	1600	1,7
Прибор конденсаторный взрывной ПИВ-100М (с встроенным омметром)	РВ	Батарея гальванических элементов	320	100	600	2,7
Конденсаторный взрывной прибор КПВ-1/100М	РВ	Сухие элементы	320	100	600	2,0
Взрывная машинка конденсаторная ВМК-500	Н	Индуктор	2100	800	3000	6,5
Сейсмический конденсаторный взрывной прибор СВМ-2 (с встроенным телефоном для связи с сейсмической станцией)	Н	Батарея гальванических элементов	150	50	230	5,5

Перед производством взрывных работ электрическим способом необходимо проверять электровзрывную цепь с помощью контрольно-измерительных приборов. Эти приборы служат для определения проводимости и величины сопротивления электровзрывных цепей.

По конструкции контрольно-измерительные приборы можно разделить на три группы: 1) с индикатором стрелочного типа; 2) с индикатором светового типа; 3) с индикатором звукового типа.

Приборы первого и третьего типов позволяют определить не только неисправность цепи, но и дают возможность получить численное значение ее сопротивления, а второго типа — только установить факт проводимости цепи по вспышке светового индикатора.

Для измерения сопротивления электродетонаторов и электровзрывных цепей применяют переносной карманный омметр М-57Д, переносной мост Р-353, омметр-классификатор-электродетонатор ОКЭД-1 и омметр ОВЦ-2.

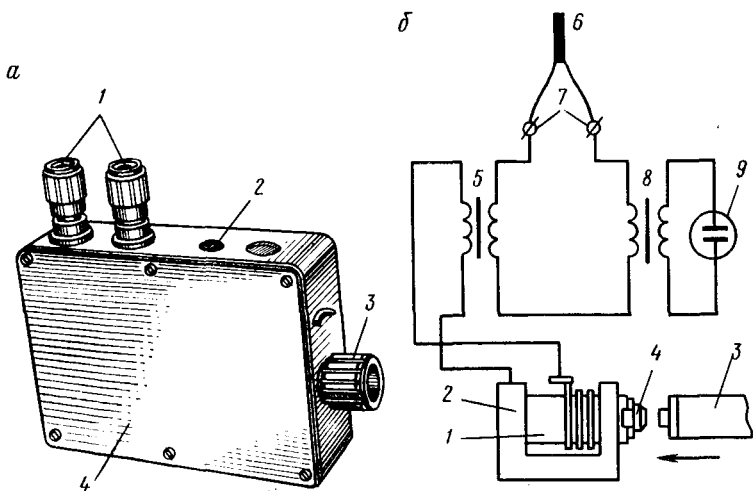


Рис. 6.7. Взрывной испытатель ВЮ-3:

1 — зажимы для присоединения проводов; 2 — светосигнальное окно; 3 — рукоятка; 4 — корпус; б — электрическая схема прибора; 1 — керамический пьезоэлемент; 2 — обойма; 3 — пружинный боек; 4 — валик; 5, 8 — понижающий и повышающий трансформаторы; 6 — сетевой ввод; 7 — зажимы; 9 — индикаторная лампа. Стрелкой обозначено направление удара

Испытатель взрывной цепи ИВЦ-2 предназначен для проверки электродетонаторов, проводов и взрывной цепи на проводимость тока, а также для измерения сопротивлений взрывной цепи. Испытатель смонтирован в пыле- и влагонепроницаемом корпусе, пределы измерения прибора — от 0 до 500 Ом.

Пьезометрический взрывной испытатель ВЮ-3 (рис. 6.7) предназначен для проверки на проводимость тока электродетонаторов и взрывной цепи при условии, что сопротивление ее не превышает 100 Ом. Принцип работы прибора следующий (рис. 6.7, б). Керамический пьезоэлемент 1 зажат в обойме 2. Пружинным бойком 3 наносят удар по валику, который в свою очередь ударяет по пьезоэлементу. Вследствие удара на торцевых поверхностях пьезоэлемента возникает ЭДС, ток идет в первичную обмотку понижающего трансформатора 5. Проверяемую сеть подключают к зажимам 7. Если сеть неисправна, ток от вторичной обмотки понижающего трансформатора 5 идет в первичную обмотку повышающего трансформатора 8. В результате во вторичной обмотке индуцируется ток, неоновая лампа 9 вспыхивает. При обрыве сети лампочка не дает вспышки.

Прибор контроля параметров взрывных машинок ПКВМ-2 предназначен для проверки исправности конденсаторных машинок и приборов. С помощью этого прибора проверяют напряжение на конденсаторе-накопителе, емкость конденсатора, а также дли-

тельность импульса тока. Питание — от сети переменного тока напряжением 220 В.

Все контрольно-измерительные приборы должны проверяться в сроки, установленные техническим паспортом, но не реже одного раза в квартал.

§ 4. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ СЕТЕЙ, ИХ РАСЧЕТ

Расчет электровзрывных сетей выполняют для безотказного инициирования всех ЭД, находящихся в сети. При использовании взрывных приборов измеряют сопротивление сети, которое должно соответствовать паспортным данным прибора. При взрывании от сети расчет сводится к установлению тока, поступающего в ЭД.

При ведении взрывных работ с применением электрического взрывания группы ЭД соединяют между собой последовательно, параллельно или по смешанной схеме (последовательно-параллельно).

При последовательной схеме соединения (рис. 6.8, а) концы детонаторных проводников заряда ВВ соединяют между собой последовательно, а два крайних конца подключают к магистрали, идущей к источнику тока. При последовательном соединении через все электродетонаторы проходит ток одной и той же силы.

Величину тока определяют по формуле

$$I = E / (rn + r_0 + R), \quad (6.1)$$

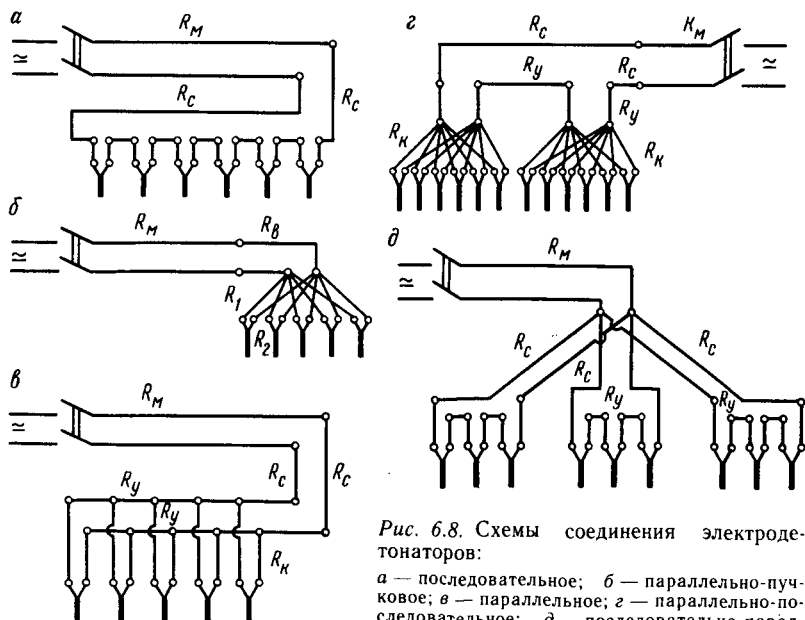


Рис. 6.8. Схемы соединения электродетонаторов:

а — последовательное; б — параллельно-пучковое; в — параллельное; г — параллельно-последовательное; д — последовательно-параллельное

где E — электродвижущая сила источника тока, В; r — сопротивление одного электродетонатора, Ом; n — число электродетонаторов в цепи; r_0 — внутреннее сопротивление источника тока, Ом; R — сопротивление подводящих проводников, Ом.

Общее сопротивление электровзрывной сети (Ом)

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + NR_k + \sum_1^N R_{\text{эд}}, \quad (6.2)$$

где R_m , R_c , R_y — сопротивление соответственно магистральных, соединительных и участковых проводов, Ом; N — число ЭД; R_k , $R_{\text{эд}}$ — сопротивление концевых проводов, идущих к одному ЭД, и ЭД соответственно, Ом.

При этом сопротивление проводов

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (6.3)$$

где ρ — удельное сопротивление материала провода, Ом·мм²/м; l — длина провода, м; S — сечение провода, мм².

Силу поступающего в сеть тока рассчитывают следующим образом:

$$I = U/R_{\text{общ}}, \quad (6.4)$$

где U — напряжение источников тока, В.

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

При параллельной и параллельно-пучковой схемах соединений (рис. 6.8, б и в) каждый концевой провод ЭД подсоединяется к разным магистральным проводам. При этом способе соединения требуется значительно более мощный источник тока, чем при последовательном.

Величина тока при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{(r/n) + r_0 + R}. \quad (6.5)$$

Общее сопротивление R_r группы параллельно соединенных ЭД находится из выражения

$$\frac{1}{R_r} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}, \quad (6.6)$$

где $R_1, R_2, \dots, R_n$ — сопротивление электродетонаторов, Ом.

При этом

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + \frac{R_{\text{эд}} + R_k}{N}. \quad (6.7)$$

В параллельно-последовательной схеме соединения (рис. 6.8, з) электродетонаторы в группах подключают параллельно, а группы — последовательно.

При этом способе соединения должны выполняться условия: 1) одинаковое число ЭД в каждой группе; 2) одинаковое сопротивление всех групп.

Общее сопротивление взрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + \frac{R_{\text{г}} + R_{\text{к}} + R_{\text{эд}}}{n_1} m_1, \quad (6.8)$$

где m_1 — число последовательных групп соединенных ЭД; n_1 — число параллельно соединенных ЭД в группе.

В последовательно-параллельной схеме (рис. 6.8, д) электродетонаторы в группах соединяют между собой последовательно, а группы их включают в электровзрывную сеть параллельно.

Величину тока рассчитывают по формуле

$$I = \frac{E}{\frac{n^2}{m} + r_0 + R}. \quad (6.9)$$

Общее сопротивление взрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + \frac{R_{\text{с}} + R_{\text{г}} + n_2(R_{\text{эд}} + R_{\text{к}})}{m_1}, \quad (6.10)$$

где n_2 — число последовательно включенных ЭД в группе; m_1 — число параллельных групп.

Проверка электродетонаторов и монтаж взрывной сети. При подготовке к проведению электрического взрывания одна из основных операций — проверка электродетонаторов. Ее выполняют на расходном складе в специально приспособленном помещении, в котором нет ВВ и отсутствуют посторонние люди. Все применяемые при этом приборы должны быть проверены в электрических мастерских. Проверку проводят не реже одного раза в 3 мес и каждый раз после смены батарей и элементов.

Общее сопротивление электровзрывной сети рассчитывают и после монтажа сети проверяют измерительным прибором. Расхождение между расчетной и фактической величинами сопротивлений не должно превышать 10 %.

§ 5. ВЗРЫВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ДЕТОНИРУЮЩЕГО ШНУРА

Детонирующий шнур представляет собой заряд мощного высокобризантного ВВ и хлопчатобумажную оплетку, покрытую водонепроницаемым или полихлорвиниловым слоем.

По навеске ВВ шнуры могут быть нормальные — ДША, ДШВ (рис. 6.9), ДШЭ, мощные — ДШУ, маломощные — ВДШМ-3.

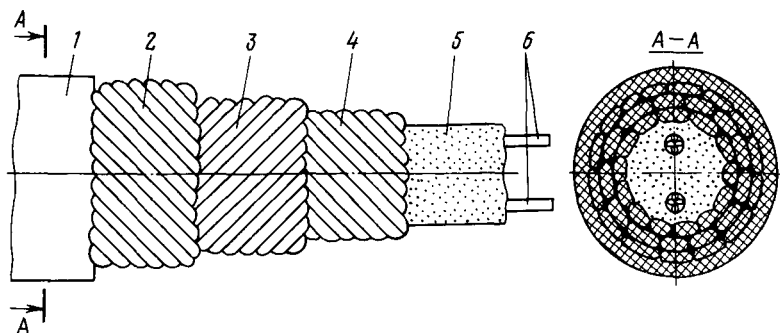


Рис. 6.9. Детонирующий шнур марки ДШВ:

1, 2, 3 — полихлорвиниловая, хлопчатобумажная и льняная оплетки соответственно; 4 — полиэтиленовая пленка; 5 — взрывчатая смесь из тэна; 6 — направляющие нити

ДШ применяют для передачи детонации инициатору, в качестве которого используют шашки (табл. 6.2).

Взрывание детонирующим шнуром применяется на открытых и подземных разработках при производстве массовых взрывов, а также при разделке негабарита. В этом случае взрывная сеть состоит из основной магистрали и отрезков детонирующего шнура, идущих к заряду. Иницирование детонации в магистрали осуществляется с помощью капсюля-детонатора или электродетонатора, привязанного на расстоянии 10—15 см от конца шнура. Шнуры соединяют между собой внакладку или внакрутку на длине не менее 10 см. Шнуры ответвлений должны подключаться к магистральному шнуру с учетом направления детонационной волны, указанной стрелкой (рис. 6.10).

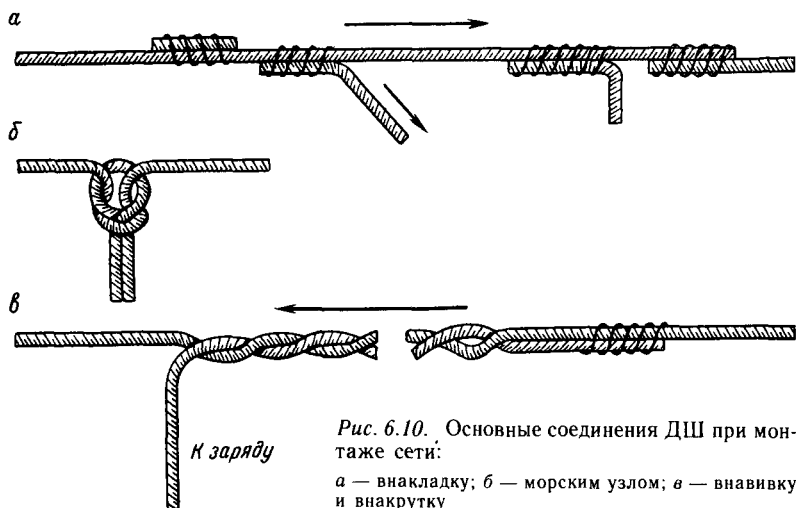


Рис. 6.10. Основные соединения ДШ при монтаже сети:

а — внакладку; б — морским узлом; в — внавивку и внакрутку

Таблица 6.2. Характеристика шашек, рекомендуемых для инициирования зарядов гранулированных и водонаполненных ВВ на открытых работах

Условное обозначение шашек	ВВ	Масса шашки, г	Плотность, г/см ³	Скорость детонации, км/с
T-400Г	Тротил	400	1,50—1,59	6,4—7,0
ТГ-500	Тротил-гексоген	500	1,58—1,64	7,2—7,8
ПТ-200	Тротил	200	1,55—1,65	6,5—6,8

Продолжение табл. 6.2.

Условное обозначение шашек	Форма и конструкция	Габаритные размеры, мм		Диаметр отверстия для ДШ, мм	Число нитей ДШ для инициирования шашки
		Диаметр	Высота		
T-400Г	Прессованный цилиндр с осевым каналом	70	70	14,5	4
ТГ-500	Литой цилиндр с осевым каналом	70	83	14,5	4
ПТ-200	Прямоугольник с гнездом	52	100	7,5	2

Преимущества взрывания детонирующим шнуром следующие: значительно уменьшается опасность по заряджанию и при ликвидации отказов; возможность одновременного взрывания больших серий зарядов ВВ; удобство применения при взрывании рассредоточенных зарядов; обеспечение полноты детонации сплошных зарядов большой длины. Недостаток взрывания детонирующим шнуром — невозможность контроля исправности сети перед взрывом.

Замедление между зарядами осуществляется с помощью пиротехнических детонационных реле КЗДШ-69 с интервалами замедления 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175 и 200 мс. Замедлители представляют собой трубку, в которую вставлен замедляющий элемент. С обоих концов трубки закреплены отрезки ДШ длиной 150 и 350 мм. На трубке замедлителя краской нанесены стрелка, указывающая направление хода детонации, и цифры, обозначающие номинал замедления (мс).

Для создания больших замедлений или при отсутствии на

предприятия некоторых номиналов соединяют последовательно несколько замедлителей.

Замедлитель передает детонацию только в направлении стрелки, имеющейся на гильзе.

Глава 7

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАСЧЕТА ЗАРЯДОВ ВВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАРЯДАХ ВВ

Зарядом называется определенное количество взрывчатого вещества, подготовленного к взрыву. Заряды ВВ классифицируют по форме, конструкции, способу размещения во взрываемом массиве и характеру действия:

по форме — сосредоточенные, удлинённые и фигурные;
по конструкции — сплошные и рассредоточенные;
по способу размещения во взрываемом массиве — внутренние и наружные;

по характеру действия — заряд камуфлета (рис. 7.1, а), взрыв которого не проявляет видимого действия на поверхности; откольный заряд (рис. 7.1, б), при взрыве которого происходит отделение горной породы от массива и ее разрушение; заряд рыхления, вызывающий дробление массива, его вспучивание и перемещение, но без образования видимой воронки выброса; заряд выброса, вызывающий дробление и выброс раздробленной породы за пределы воронки взрыва.

Заряды камуфлета, предназначенные для образования полости (котла) в шпуре или скважине, часто называют прострелочными зарядами.

Рис. 7.1. Заряды:

а — камуфлета; б — откольный

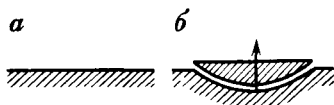
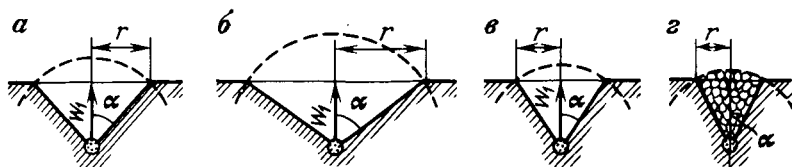
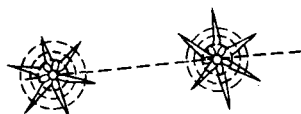


Рис. 7.2. Формы воронки в зависимости от показателя действия взрыва



Выработка, предназначенная для размещения в ней заряда ВВ, называется зарядной камерой. Заряды бывают шпуровые, скважинные, камерные и котловые.

Различают следующие элементы воронки взрыва (рис. 7.2): W_1 — линия наименьшего сопротивления (ЛНС); r — радиус воронки взрыва; R — радиус действия взрыва заряда; 2α — угол раствора воронки взрыва; $n = r/W_1$ — показатель действия взрыва.

Различают заряды нормального выброса при $n = 1$ (рис. 7.2, а), заряды усиленного выброса при $n > 1$ (рис. 7.2, б), заряды уменьшенного выброса при $n < 1$ (рис. 7.2, в). При $n \leq 0,7$ видимой воронки не образуется, и такой заряд называется зарядом рыхления (рис. 7.2, г).

§ 2. ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД

Монолитные крепкие породы. В результате взрыва сосредоточенного заряда ВВ, расположенного в скальном массиве, происходит мгновенное превращение ВВ в газообразные продукты, при этом температура повышается до нескольких тысяч градусов. Газы под давлением до сотен мегапаскалей наносят резкий удар по массиву горных пород, вследствие чего образуется ударная волна, распространяющаяся во все стороны от центра взрыва. Поэтому поверхность породы воспринимает действие взрыва одновременно по всей площади, граничащей с зарядом.

Зона среды, расположенная непосредственно у заряда, которая подвергается наиболее сильному воздействию энергии взрыва, называется сферой сжатия, или измельчения.

За пределами сферы измельчения происходит разделение массива по трещинам без изменения структуры. Эта зона называется сферой разрыхления.

На больших расстояниях от заряда волна напряжений очень ослаблена и не может нарушить связь между частицами среды, а вызывает только колебания. Эта зона называется сферой колебания или сотрясения.

Радиус первых двух сфер называют радиусом действия заряда ВВ. Параметры его зависят от величины заряда и работоспособности ВВ.

Трещиноватые массивы. Трещины в массиве препятствуют распространению волн напряжений. Отражение волн напряжений зависит от размеров и характера заполнителей трещин. В этом случае среда разрушается под действием механического удара разрушенной зарядом породы. Поскольку в трещиноватых горных породах скорость распространения волн напряжений существенно снижается, то разрушение происходит в основном по трещинам структурных блоков.

В массиве выделяются характерные зоны дробления. Рядом

с зарядом порода разрушается на значительное число кусков под действием волн напряжений и давления газов взрыва. Эта зона называется зоной регулируемого дробления. Отдельности, слагающие остальной объем массива, разрушаются вследствие динамического воздействия зоны регулируемого дробления. Разрушение отдельностей здесь носит вероятностный характер. Отдельности разрушаются, если в них имеются ослабления. Эта зона называется зоной малорегулируемого дробления. За ней следует зона нерегулируемого дробления, в которой массив разваливается на отдельности. Для получения качественных результатов дробления необходимо увеличить зону регулируемого дробления, уменьшить зоны малорегулируемого дробления и исключить зону нерегулируемого дробления.

Грунтовые массивы. При взрыве заряда в безграничной среде вокруг заряда образуется полость, заполненная газом, которая расширяется до некоторого предельного значения, обусловленного свойствами взрывающей среды (зона вытеснения). Ее размеры зависят от свойств массива, массы и формы заряда, работоспособности и бризантности ВВ, плотности заряжения. Этот эффект используют для образования специальных полостей для хранения газообразного или жидкого топлива, котлов в скважинах и шпурах при простреливании для размещения увеличенной массы заряда, при проходке колодцев, шурфов и стволов в мягких породах.

Свободная поверхность при взрыве заряда ВВ в грунтовом массиве влияет на дальнейшее развитие взрыва. Полость взрыва по ЛНС начинает принимать грушевидную форму.

При зарядах усиленного выброса в воронку падает незначительная часть грунта. При зарядах нормального и уменьшенного выброса видимая глубина воронки всегда меньше глубины заложения заряда.

Поскольку для воронки нормального выброса объем разрушаемой породы приблизительно составляет W_1^3 , то масса заряда нормального выброса

$$Q_n = q_n V \approx q_n W_1^3,$$

где q_n — удельный расход нормального выброса, кг/м³; V — объем разрушаемой породы, м³.

В основу всех расчетов параметров БВР положен удельный расход ВВ, численно равный массе заряда, который необходим для разрушения единицы объема (массы) горной породы. Удельный расход ВВ зависит в основном от физико-механических свойств горных пород.

§ 3. МЕТОДЫ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На горных предприятиях при проведении горно-разведочных работ и добыче полезных ископаемых применяют следующие

методы ведения взрывных работ: шпуровых, скважинных, сосредоточенных (камерных и малокамерных), котловых и накладных (наружных) зарядов.

Каждый метод характеризуется определенным техническим процессом подготовки заряда к взрыву.

Метод шпуровых зарядов

Метод шпуровых зарядов при проведении горно-разведочных выработок состоит в размещении удлиненных зарядов ВВ в шпурах глубиной до 75 мм и длиной до 5 м. При проведении горных выработок шпуровым методом выделяют следующие основные параметры взрывной отбойки: число, глубину и диаметр шпуров, коэффициент использования шпура и удельные расходы ВВ.

Число шпуров на 1 м² забоя выработки можно определить по формуле М. М. Протодяконова

$$N = 2,7\sqrt{f/S} \quad (7.1)$$

или

$$N = (\sqrt{0,2f} + \sqrt{\frac{1}{S}})^2, \quad (7.2)$$

где f — коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодяконова; S — площадь поперечного сечения выработки, м².

Формулы (7.1) и (7.2) для расчета количества шпуров — приближенные, так как в них учитывается только коэффициент крепости горных пород. Однако на практике некоторые технологические показатели (например, вязкость) иногда играют решающую роль при определении количества шпуров в забое.

Количество шпуров можно также приближенно определить графическим путем.

В практике взрывных работ глубина шпуров при проведении выработок находится в пределах 1,5—3 м, зависит от крепости пород и составляет 1,5—1,8 м в крепких породах, 1,8—2,2 м в породах средней крепости, 2,2—2,5 м в слабых породах.

Глубина шпуров при проходческих работах связана с продолжительностью проходческого цикла.

Глубину шпуров определяют по упрощенной формуле:

$$l_{ш} = (0,5 \div 0,9) B, \quad (7.3)$$

где B — ширина выработки, м.

Формулу (7.3) обычно используют для проверки максимальных глубин шпуров.

Расстояния между шпуровыми зарядами в ряду a , между рядами b должны быть такими, чтобы исключалась возможность подбоя зарядов, и принимают в пределах $a = b = 0,8 \div 1,6$.

Удельный расход ВВ принимают в зависимости от коэффициента крепости пород по шкале М. М. Протодяконова.

Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова	20—15	15—10	8	6—4	3—2	<2
Удельный расход ВВ	1,5—1,2	1,1—1,0	0,8—0,7	0,6—0,4	0,3—0,2	0,15

Массу заряда на взрыв рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{общ}} = qV = qSl_{\text{от}}, \quad (7.4)$$

где $l_{\text{от}}$ — глубина отбойных шпуров, м.

Фактический удельный расход ВВ определяют по формуле

$$q_{\text{ф}} = Q / (Sl_{\text{ш}}), \quad (7.5)$$

где Q — общая масса заряда в шпурах, кг; η — коэффициент использования шпура, или отношение величины подвигания забоя за один взрыв к глубине отбойных шпуров:

$$\eta = l / l_{\text{ср}}, \quad (7.6)$$

l — среднее подвигание забоя за цикл, м; $l_{\text{ср}}$ — средняя глубина шпуров в комплекте, м.

Массу заряда в шпурах (кг) при ведении взрывных работ на открытой поверхности вычисляют следующим образом:

$$Q = q_{\text{п}} a W H, \quad (7.7)$$

где $q_{\text{п}}$ — проектный удельный расход ВВ, кг/м³; ($q_{\text{п}} = 0,65 \div 2,00$ в зависимости от типа ВВ, свойств породы и требуемого размера куска); a — расстояние между шпурами, м; W — линия сопротивления по подошве (ЛСПП), м; H — высота уступа (мощность слоя), м.

Длину ЛСПП (с последующей корректировкой по опытным взрывам) рассчитывают по формуле

$$W = 0,95 \sqrt{P / (qm)}, \quad (7.8)$$

где P — вместимость шпура (скважины), кг/м; m — коэффициент сближения скважины, $m = 1,0 \div 1,5$.

Значение P можно определить из соотношения

$$P = 0,8 d^2 \Delta,$$

где d — диаметр шпура (скважины), м; Δ — плотность заряжения, кг/м³.

Достоинства шпурового метода взрывания следующие: мелкое и равномерное дробление пород, возможность применения в любых горнотехнических условиях и разрабатывания маломощных пластов сложного строения.

Однако шпуровой метод имеет ряд недостатков: малый выход взорванной горной массы на 1 м шпура; большой удельный расход ВМ, в результате чего этот метод еще очень трудо-

емкий и дорогой способ взрывной отбойки. Поэтому при возможности шпуровой метод отбойки стремятся заменить более производительным и безопасным (например, методом скважинных зарядов).

Шпуровой метод широко используют в подземных условиях при проведении выработок, очистной выемке маломощных залежей, селективной выемке, когда мощность отдельных слоев незначительна, системах разработки с креплением, при разработке ценных ископаемых, если необходимо сохранить их структуру.

Лучший эффект взрывания шпуров в случае очистной выемки получается при двух открытых поверхностях. Принцип размещения шпуров заключается в расположении их параллельно одной из поверхностей забоя. Шпуровая отбойка при очистной выемке чаще всего осуществляется уступами либо снизу вверх (потолкоуступным забоем), либо сверху вниз (почвоуступным забоем).

Метод скважинных зарядов

При этом методе отбойку пород производят с размещением зарядов в цилиндрических искусственных полостях глубиной 5 м и более при диаметре более 75 мм.

Таблица 7.1. Значения ЛНС (м) в зависимости от крепости пород и диаметра скважин

Диаметр скважины, мм	Коэффициент крепости по М. М. Протодяконову				
	4—6	6—8	10—12	13—15	15—20
55	2,0	1,8	—	—	—
65	2,2	2,0	1,5	1,5	—
75	3,5	3,2	3,0	2,5	2,0
85	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
105	5,0	4,5	4,0	3,8	3,5

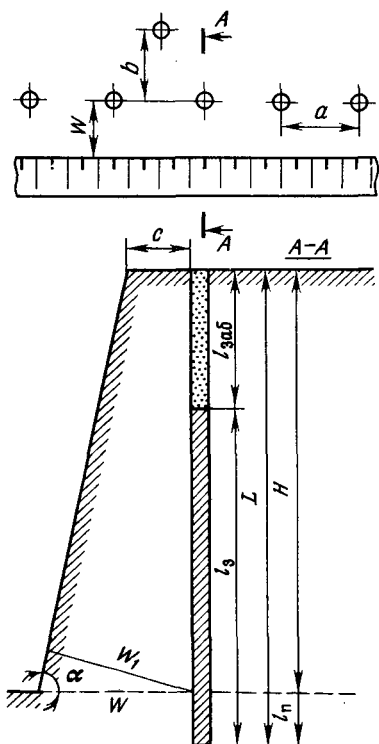


Рис. 7.3. Схема расположения скважинных зарядов

Метод скважинных зарядов широко применяется на горных предприятиях и является основным при разработке скальных пород как открытым, так и подземным способом.

Диаметр скважин, тип ВВ, конструкция зарядов, интервалы замедлений при взрывании рассчитывают по приведенным ниже формулам с последующим уточнением опытным путем.

Для каждого взрыва определяют ЛНС и расстояние между скважинами или между концами веерных скважин.

В табл. 7.1 приведены значения ЛНС в зависимости от крепости пород и диаметра скважин на открытых горных работах.

Обозначения параметров (м) расположения скважин на карьерах следующие (рис. 7.3): H — высота уступа; W — ЛСПП; W_1 — ЛНС, м; a , b — расстояние соответственно между скважинами и рядами; c — безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа (ширина предохранительной бермы); l_3 , l_n , $l_{заб}$ — длина соответственно заряда, перебура и забойки, м; L — длина скважины; м; α — угол откоса уступа, градус.

Параметры расположения скважинных зарядов для открытых разработок рассчитывают с учетом удельного проектного расхода ВВ q_n , принятого диаметра и его вместимости для той или иной категории пород по взрываемости.

Величину W находят из выражения

$$W = \frac{\sqrt{0,25P^2 + 4q_nHL} - 0,5P}{2q_nH} \approx 0,9\sqrt{P/q_n}. \quad (7.9)$$

Расстояние между зарядами и рядами, как правило, следующее:

$$a = b = W. \quad (7.10)$$

Масса заряда в скважине вычисляется по формуле

$$Q = P(L - 0,5W), \quad (7.11)$$

а длина забойки составляет 0,5 W .

Фактическое значение ЛСПП (м)

$$W_\phi = H \operatorname{ctg} \alpha + C. \quad (7.12)$$

Иногда для преодоления завышенного сопротивления по подошве уступа скважины сближают на расстояние радиуса зоны сжатия и располагают на уступе в виде пары или куста. Если в кусте только две параллельные скважины, то используют термин «парносближенные скважины».

При парносближенных скважинах число скважин в кусте находят из соотношения

$$n = (W_\phi / W)^2, \quad (7.13)$$

где W — длина ЛСПП, м, определяемая по формуле (7.9).

Достоинства метода скважинных зарядов следующие:

1) повышение производительности труда горнопроходчика. По сравнению со шпуровым методом производительность труда увеличивается в 3 раза и более;

2) сокращение объема трудоемких подготовительно-нарезных работ за счет увеличения расстояния между выработками, из которых ведется отбойка;

3) более широкое применение комплексной механизации труда, чем при других методах отбойки;

4) повышение безопасности работ и улучшение условий труда благодаря нахождению рабочих при бурении в специальных буровых выработках или буровых камерах.

Недостатки метода скважинной отбойки:

1) невозможность использования при разработке маломощных залежей вследствие большого разубоживания руды;

2) трудность применения при системах разработки с креплением очистного пространства;

3) увеличение выхода крупных фракций и меньшая точность контуров отбойки по сравнению со шпуровым методом;

4) обрушение руды за контурами скважин, особенно при недостаточно устойчивом массиве и большом диаметре скважин (более 100 мм).

Метод котловых зарядов

Полученное в конце шпура или скважины расширение называют котлом, помещенный в него заряд ВВ — котловым зарядом.

При методе котловых зарядов отбойку производят сосредоточенными зарядами, которые помещают в котлы, образуемые в процессе бурения или при последовательном взрывании небольших зарядов на забое шпура или скважины (рис. 7.4).

Метод котловых зарядов в горной промышленности применяют в следующих случаях:

а) при больших значениях ЛСПП, когда расчетный заряд ВВ, необходимый для разрушения нижней части уступа, не может быть полностью размещен в скважине;

б) нижняя часть уступа представлена трудновзрываемыми породами;

в) обрушение высоких вскрышных уступов полускальных пород;

г) проходка открытых выработок взрывами на выброс.

Взрывание небольших зарядов для образования котла называется простреливанием шпура или скважины. Величина заряда для такого простреливания зависит от физико-механических свойств и структурных особенностей массива. При этом

$$Q_{\text{пр}} = V_{\kappa} / P_{\text{пр}}, \quad (7.14)$$

где $Q_{\text{пр}}$ — масса заряда (простреливания) камуфлета, кг; $V_{\text{к}}$ — заданный объем котла, дм^3 ; $P_{\text{пр}}$ — показатель простреливаемости, $\text{дм}^3/\text{кг}$, представляющий отношение объема образованного котла к массе прострелочного заряда и определяемый опытным путем, $P_{\text{пр}} = 2 \div 120 \text{ дм}^3/\text{кг}$.

Образование котлов эффективно в пластичных мягких и средней крепости породах, причем форма котла — круглая или грушевидная. При простреливании скважины или шпура соблюдают 15-минутные интервалы между взрывом и последующим заряжением. При первой прострелке заряд ВВ обычно опускают в патронах на шпагате или ДШ, а при последующих заряды просто засыпают. Необходимо применять забойку, длина которой составляет от 0,8 до 1,25 Н.

Безопасное расстояние при прострелке шпуров составляет 50 м, а при прострелке скважин — 200 м. Котловые заряды лучше заряжать пневмозарядчиками, особенно в наклонных и горизонтальных скважинах.

Для котловых зарядов принимают $W_1 = (0,6 \div 0,9) H$, а расстояние между зарядами — $(0,8 \div 1,4) H$.

Параметры взрывной отбойки при методе котловых зарядов определяют, как при скважинных зарядах, с уточнением на основе опытных взрывов.

При этом диаметр котла (дм)

$$D_{\text{к}} = 1,24 \sqrt[3]{Q/\Delta}, \quad (7.15)$$

объем котла (дм^3)

$$V = Q/\Delta, \quad (7.16)$$

а масса заряда (кг)

$$Q = q W^3. \quad (7.17)$$

При котловом методе взрывания резко снижается удельный расход бурения, увеличивается возможность преодоления больших ЛСПП, уменьшается длина перебура.

Однако метод имеет и существенные недостатки — высокая

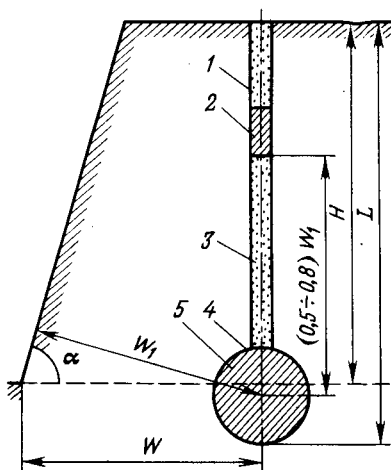


Рис. 7.4. Схема расположения котлового заряда на уступе:

1 — скважина; 2, 5 — дополнительный и основной заряды соответственно; 3 — забойка; 4 — котел

трудоемкость работ по образованию котлов, особенно при простреливании и чистке скважин, а также неравномерность дробления трудно взрывае­мых пород. Поскольку метод котловых зарядов обладает низкой надежностью, то на горных предприятиях от него отказались и применяют только в исключительных случаях.

Метод камерных зарядов

Этот метод используют при взрывании объемов горной массы как на вскрышных, так и на добычных работах, а также при взрывании на сброс и выброс при создании плотин и насыпей. Сущность его заключается в том, что заряды располагают в специально пройденных горных выработках — зарядных камерах.

С целью обеспечения наибольшего сосредоточения зарядов камере придают по возможности кубическую форму, а при больших зарядах (порядка десятков тонн) — крестообразную или другую форму (рис. 7.5).

Объем зарядной камеры (m^3) вчерне определяют по формуле

$$V_k = \frac{Q}{\Delta} K_v, \quad (7.18)$$

где K_v — коэффициент для учета фактического объема крепежного материала.

Значение W принимается для камерных зарядов равным (0,75—0,95) H , а расстояние между зарядами составляет (0,8 ÷ ÷ 1,4) W с учетом физико-механических свойств пород и структурных особенностей массива.

Камерные заряды рассчитывают по формуле

$$Q_{k.з} = K_{зж} q_p W_{1em}, \quad (7.19)$$

где $K_{зж}$ — коэффициент зажима; q_p — расчетный удельный расход ВВ, $кг/м^3$; e — коэффициент работоспособности ВВ; m — коэффициент сближения зарядов, $m = 0,8 ÷ 1,4$.

Объем зарядной камеры находят из зависимости

$$V_{np} = K_v \frac{Q_{k.з}}{\Delta}. \quad (7.20)$$

Для производства взрывных работ методом камерных зарядов проводят комплекс технических приемов: проходку подготовительных выработок (штолен сечением в свету 1,2 $м^2$ и шурфов — 1 $м^2$) и зарядных камер, транспортировку ВМ, подготовку патронов-боевиков, зарядание и забойку зарядных камер, коммутацию взрывной сети, взрывание зарядов и осмотр места производства взрыва.

Достоинства этого метода следующие: уменьшение количества взрывов, создание больших запасов подготовленной взорванной горной массы, повышение производительности за счет применения зарядных комплексов.

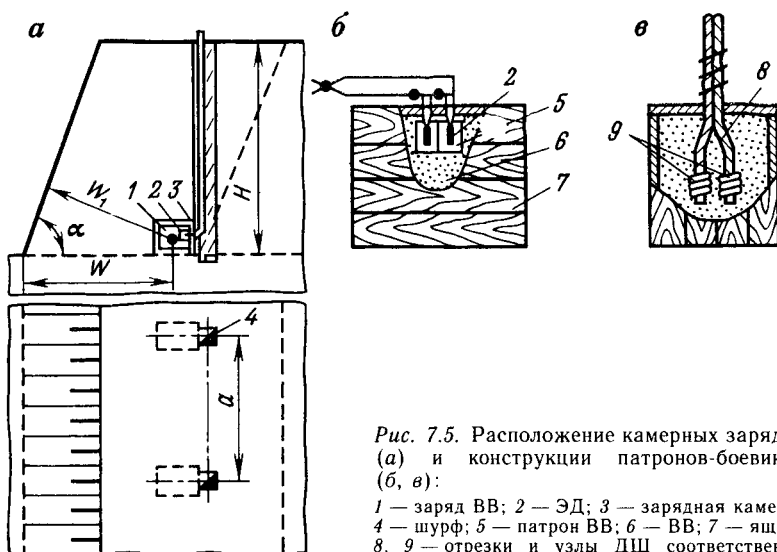


Рис. 7.5. Расположение камерных зарядов (а) и конструкции патронов-боевиков (б, в):

1 — заряд ВВ; 2 — ЭД; 3 — зарядная камера; 4 — шурф; 5 — патрон ВВ; 6 — ВВ; 7 — ящик; 8, 9 — отрезки и узлы ДШ соответственно

Недостатки метода камерных зарядов: трудоемкость проведения выработок, неравномерная степень дробления массива и значительный выход негабарита, большой сейсмический эффект, высокая стоимость, трудность и опасность ликвидации отказов. Данный метод имеет ограниченное распространение.

Метод накладных зарядов

Взрывание накладными зарядами осуществляется при разрушении негабарита, т. е. вторичным дроблением. Дробление негабарита производится взрыванием накладного заряда ВВ с помощью детонирующего шнура или детонатора.

Разрушение негабарита происходит в основном под действием только ударных волн, поэтому наблюдаются большой звуковой эффект и сильная ударная воздушная волна. Опасная зона при взрывании составляет не менее 300 м.

Массу накладного заряда ВВ можно определить по формуле Л. И. Барона:

$$Q_n = \frac{q'_n b c}{K_{ВВ} K_n}, \quad (7.21)$$

где Q_n — масса наружного заряда для дробления на относительно крупные части куска руды (породы) объемом от 0,1 до 5 м³, кг; q'_n — расчетный удельный расход, характеризующий количество ВВ, необходимое на единицу площади наименьшего

сечения куска для раскалывания его при взрывании наружного заряда, кг/м^2 ; b, c — ширина и толщина куска соответственно, м; $K_{\text{ВВ}}$ — коэффициент, учитывающий качество ВВ, для аммонитов $K_{\text{ВВ}}=1$; $K_{\text{л}}$ — переходной линейный коэффициент, учитывающий, что величины b и c представляют собой не среднее, а максимальное изменение куска в соответствующих направлениях, $K_{\text{л}} \approx 1,3$.

Расчетное значение q'_n приведено ниже.

Коэффициент крепости	3—5	5—8	8—12	12
$q'_n, \text{кг/м}^2$	2,2	2,6	3,0	3,5

Для аммонитов формулу (7.23) можно записать следующим образом:

$$Q_n = 0,6q'_n b c.$$

В качестве накладных зарядов используют кумулятивные заряды. Разрушение происходит за счет кумулятивного эффекта взрыва.

Эффект действия кумулятивного заряда зависит от формы выемки и заряда, типа ВВ, толщины и материала облицовки.

В качестве заряда используют наиболее мощные ВВ (гексоген, тротил).

На горных предприятиях применяют кумулятивные заряды типа ЗКП (рис. 7.6), ЗКН с массой заряда от 28 до 4000 г.

Применение кумулятивных зарядов ЗКП снижает в 8—9 раз удельный расход на вторичное дробление 1 м^3 негабарита. В заряде ЗКП имеются кумулятивная выемка, облицованная сталью, промежуточный детонатор ДП-1 и проволоочная скоба для крепления детонирующего шнура.

Масса заряда (кг) определяется по формуле

$$Q_n = q_n V, \quad (7.22)$$

где q_n — удельный расход ВВ, кг/м^3 ; V — объем негабаритного куска, м^3 .

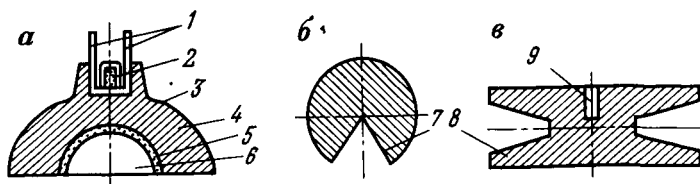


Рис. 7.6. Кумулятивные заряды типа ЗКП:

$a, б, в$ — плоский со сферической, с призматической и кольцевой кумулятивными выемками соответственно; 1 — скоба для закрепления ДШ; 2 — промежуточный детонатор; 3 — оболочка заряда; 4 — ВВ основного заряда; 5 — металлическая облицовка; 6, 7, 8 — сферическая, призматическая и кольцевая коническая кумулятивные выемки соответственно; 9 — гнездо для детонатора

Удельный расход ВВ для крепких пород составляет 0,25—0,40 кг/м³.

Поверхность заряда ЗКП покрывают лаком или парафиновой мастикой, заряды ЗКН выпускаются без облицовки.

При взрывании кумулятивными зарядами негабаритов и валунов раскалывающее действие взрыва проявляется значительно в большей степени, чем дробящее. Поэтому часто применяют комбинированный способ взрывания. Для этого в негабарите бурят шпур глубиной 10—15 см, а затем в него устанавливают кумулятивный заряд так, чтобы вершина его выемки совпадала с осью шпура. Этот метод разделки негабарита создает лучший кумулятивный эффект при меньшем удельном расходе ВВ.

§ 4. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Взрывание камерных, скважинных и котловых зарядов выполняется по проектам, составляемым на каждый взрыв; при систематическом взрывании — по типовому проекту, корректируемому для каждого взрыва по фактическому расположению камер и скважин. Взрывание зарядов в котловых шпурах, рукавах и наружных зарядах ведут по паспортам. Взрывание на выброс, взрывное разрушение зданий и сооружений, дробление металла и металлических конструкций, подводные взрывные работы и взрывные работы в населенных пунктах выполняют только по проектам.

Проекты утверждает главный инженер предприятия, на котором осуществляются взрывные работы, или по согласованию с ним главный инженер организации, ведущей взрывные работы. Паспорта утверждает начальник (главный инженер) рудника, шахты, карьера, промысла или руководитель взрывных работ.

Опытные взрывания для определения показателей паспорта буровзрывных работ, взрывание зарядов в шпурах по доведению контура выработки до проектного сечения, для удаления навесов, выравнивания подошвы выработки, расширения выработки при ее перекреплении и ликвидации отказавших зарядов разрешается выполнять без паспортов буровзрывных работ в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах.

При составлении проектов и паспортов необходимо учитывать передовой производственный опыт и научные достижения, чтобы проектные решения обеспечивали высокий технический уровень и экономическую эффективность буровзрывных работ.

Паспорт буровзрывных работ составляют на основании серии опытных взрывов, при помощи которых уточняют параметры буровзрывных работ.

Паспорт на производство буровзрывных работ включает место и цель производства работ; краткую характеристику условий работ с указанием физико-механических свойств горных пород

и структурных особенностей массива; расположение и расчет зарядов, способ взрывания зарядов, схему взрывной сети, тип источника тока; типовые схемы расположения зарядов применительно к условиям работ с указанием всех необходимых размеров; объем взрывающей породы; расчет удельных расходов ВВ, СИ и других материалов; общее количество ВВ, СИ и других материалов на весь объем работ; меры безопасности; необходимое оборудование для обеспечения работ; расчет затрат труда, калькуляционный расчет; стоимость или смету затрат на 1 м³ взрывающей горной массы.

Паспорт буровзрывных работ составляют для каждой выработки на основании опытных данных. В паспортах буровзрывных работ для проходки выработок должны быть указаны: схема расположения шпуров, исключая подрыв или обнажение заряда в соседнем шпуре; число шпуров и их глубина, масса зарядов, наименование ВВ и СИ; число взрывающих серий зарядов и их последовательность; масса и материал забойки; радиус опасной зоны; место укрытия взрывника и рабочих во время взрыва; время проветривания забоя; расположение постов оцепления. В отдельных случаях при изменении горно-геологических и других условий в забое с разрешения главного инженера шахты (карьера) или начальника участка (смены) допускаются единовременные отступления от паспорта буровзрывных работ в сторону уменьшения расхода ВМ.

Глава 8

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ С ВЗРЫВЧАТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

§ 1. ПЕРСОНАЛ, ДОПУСКАЕМЫЙ К РАБОТЕ С ВМ И К РУКОВОДСТВУ ВЗРЫВНЫМИ РАБОТАМИ

Исполнителями при производстве взрывных работ являются взрывники и мастер-взрывник, имеющие право на ведение взрывных работ, т. е. лица, сдавшие экзамены и получившие Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

Право на производство взрывных работ получают лица не моложе 19 лет для открытых и 20 лет для подземных работ с образованием не ниже семи классов и стажем работы не менее года на соответствующем предприятии, прошедшие обучение по утвержденной Госгортехнадзором СССР программе и сдавшие экзамены.

Лица, получившие квалификацию взрывника, допускаются к самостоятельной работе после месячной стажировки под руководством опытного взрывника.

Работать мастером-взрывником могут лица в возрасте не моложе 22 лет, которые имеют образование не ниже семи классов, стаж подземных работ не менее двух лет и прошли обучение на специальных курсах при горных техникумах или учебно-курсовых комбинатах по программе, согласованной с Госгортехнадзором СССР. Эти лица должны сдать квалификационные экзамены и иметь Единую книжку мастера-взрывника.

Взрывники могут получить право на ведение другого вида взрывных работ, если они пройдут дополнительное обучение по специальной программе и сдадут экзамен квалификационной комиссии. При этом в Единой книжке делается соответствующая запись.

Руководят взрывными работами специалисты, имеющие законченное высшее (средне-специальное) горнотехническое образование или окончившие специальное учебное заведение (курсы), дающие право технического руководства подземными горными или взрывными работами.

Руководство взрывными работами возлагается приказом на технического руководителя предприятия.

Лица, имеющие право руководства взрывными работами, могут быть допущены к производству работ только после сдачи экзаменов и получения Единой книжки взрывника. Повторную проверку знаний взрывников проводят раз в 2 года, инженерно-технического персонала — через 3 года.

Заведующими складами ВМ могут назначаться лица, имеющие право руководства взрывными работами или окончившие вуз (техникум) по специальности «Технология ВВ», а также лица, имеющие право ведения взрывных работ и прошедшие подготовку по специальной программе. Раздатчиками складов ВМ разрешается назначать лиц, прошедших подготовку и получивших специальное удостоверение, или взрывников (мастеров-взрывников), прошедших пятидневную подготовку. Лаборантами склада, выполняющими испытания ВМ, могут работать лица, также прошедшие соответствующее обучение, сдавшие экзамен и получившие удостоверение лаборанта.

Органы Госгортехнадзора имеют право изымать выданные разрешения на право производства взрывных работ и отбирать Единую книжку взрывника.

Администрация имеет право за нарушение безопасности ведения взрывных работ отобрать талоны № 1 и 2 Единой книжки взрывника, а при повторных и грубых нарушениях правил безопасности лишить виновника Единой книжки взрывника, после изъятия которой взрывник не допускается к выполнению взрывных работ.

За грубое нарушение Единых правил безопасности при взрывных работах, которое привело или могло привести к тяжелому несчастному случаю, Единая книжка взрывника может

быть отобрана при наличии всех талонов. Право отбирать Единую книжку взрывника имеют директор, главный инженер предприятия, представитель Госгортехнадзора, технический инспектор ЦК профсоюза.

Организации, ведущие взрывные работы, обязаны до их начала получить разрешение из органов Госгортехнадзора СССР или горнотехнической инспекции отраслевого министерства на право производства взрывных работ, приобретение, хранение и перевозку ВМ с указанием срока действия в соответствии со специальными инструкциями.

На право хранения ВМ на складе организация получает разрешение милиции, предварительно направив в органы милиции заявление с копией акта комиссии о приемке склада или сейфа.

Разрешение на приобретение ВМ выдают органы милиции на основании заявления руководителя организации и свидетельства на право приобретения, выданное органами Госгортехнадзора. При выдаче свидетельства учитывают расход ВМ, вместимость склада и разрешение милиции на право хранения.

Разрешение на право производства взрывных работ организация или специализированное подрядное предприятие получают в органах Госгортехнадзора или горно-технической инспекции отраслевого министерства на основании заявления. В заявлении указывается название предприятия; характер, методы и сроки проведения взрывных работ; сведения о руководителе взрывных работ, а также о складе ВМ.

§ 2. ПРИОБРЕТЕНИЕ ВМ

Для приобретения ВМ предприятие подает заявление непосредственно контролирующей его организации Госгортехнадзора, в котором указывают количество и необходимые ВМ, вид взрывных работ и тип склада, на котором будут храниться ВМ. На основании этого предприятие получает через органы милиции разрешение на приобретение и перевозку ВМ.

Основная проектная документация на производство буровзрывных работ — паспорт или проект БВР.

Паспорт БВР — это технологический документ, содержащий основные сведения, необходимые для ведения буровзрывных работ. В паспорте буровзрывных работ при проведении выработок указывают следующие данные: наименование выработки; схему расположения шпуров в забое; площадь забоя; характеристику пород; тип ВВ и средства инициирования, способ взрывания и число серий замедления; расчетные показатели взрыва — КИШ, подвигание забоя за один взрыв и объем отбитой горной массы; расход ВВ на 1 м выработки и на 1 м³ взорванной горной массы; характеристики шпуров и зарядов — число шпуров и зарядов, глубину каждого шпура, угол наклона шпура к плоскости забоя,

массу каждого заряда, длину и материал забойки, очередность взрывания шпуров; место укрытия взрывника и рабочих при взрыве; время проветривания забоя, меры безопасности.

Проект БВР — это комплект документации и материалов, представленных в виде расчетов, схем, графиков и пояснительной записки, которые включают также расчеты основных параметров, показателей БВР и электровзрывной сети, мероприятия по организации работ, более детальные требования по мерам безопасности.

Паспорт БВР составляют на проведение горно-разведочных выработок, проходимых взрывами шпуровых зарядов, а также при дроблении негабарита.

Паспорт разрабатывают на основании опытных данных.

Паспорта и проекты могут быть как разовые на каждый взрыв, так и типовые при систематическом взрывании. Типовые паспорта и проекты составляют для участков работ с постоянно повторяющимися условиями, когда в течение длительного времени на данном территориальном объекте систематически выполняют однообразные буровзрывные работы одним и тем же подразделением и персоналом.

Типовые паспорта и проекты корректируют для каждого взрыва по фактическим данным. С изменением горнотехнических условий разрабатывают новый паспорт, а проект корректируют.

Паспорт или проект составляет руководитель буровзрывных или горных работ партии при участии геолога. Паспорт подписывают начальники участка, буровзрывных работ и службы вентиляции. Утверждает паспорт главный инженер (технический руководитель) экспедиции (партии). Под расписку с ним знакомят инженерно-технических работников участка и персонал, выполняющий буровзрывные работы.

§ 3. ХРАНЕНИЕ ВМ

Взрывчатые материалы должны храниться с соблюдением условий, предотвращающих порчу, самовозгорание и хищение, а также безопасность приема и выдачи их со склада.

Хранить ВМ разрешается только на специальных складах, в ящиках, сейфах или местах, устроенных и оборудованных в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах. Тип хранилища, распределение ВМ по хранилищу устанавливают в зависимости от свойств ВВ.

В подземных условиях размещение раздаточных камер участковых пунктов, а также металлических ящиков или сейфов для хранения взрывчатых материалов около места производства взрывных работ определяется проектом, утвержденным главным инженером предприятия по согласованию с местными органами контролирующей организации — горнотехнической инспекции.

ВМ следует хранить раздельно по сортам и размещать так, чтобы обеспечить удобство и безопасность при их получении и выдаче.

ВВ пониженной химической стойкости и большой мощности или детонаторы следует хранить в небольших хорошо проветриваемых хранилищах при постоянной температуре.

Складом взрывчатых материалов называют одно или несколько хранилищ ВВ и СИ с подсобными сооружениями, расположенных на общей огражденной территории и устроенных так, чтобы взрыв в одном из них не мог вызвать детонацию ВМ в соседних хранилищах. Каждый склад ВМ должен иметь паспорт по форме, установленной Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Склады ВМ устраивают поверхностные, полууглубленные, углубленные и подземные.

По сроку службы склады разделяют на постоянные (срок службы более трех лет), временные (срок службы до трех лет), кратковременные (срок службы до одного года).

По назначению и условиям эксплуатации склады подразделяют на базисные и расходные.

На базисных складах ВМ выдают только для других складов в заводской упаковке. На расходных складах ВВ и СИ выдают взрывникам для производства взрывных работ. Склады ВМ защищают от прямых ударов молнии стержневыми молниеотводами. Предельная вместимость отдельных хранилищ складов установлена Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Территорией поверхностного склада ВМ называют площадь, на которой расположены здания, помещения или навесы для хранения ВМ, пожарный инвентарь, водоемы и караульные вышки.

Запретной зоной называют полосу земли шириной не менее 50 м за оградой склада.

Порядок содержания хранилищ, их территории и подъездных путей, требования к обслуживающему персоналу установлены Едиными правилами безопасности при взрывных работах. Порядок хранения ВМ определяется инструкциями, согласованными с местными органами контролирующей организации.

Общая вместимость базисного склада ВМ не ограничивается. Вместимость отдельных хранилищ базисного склада устанавливается по табл. 8.1.

Вместимость всех хранилищ постоянного расходного склада ВМ не должна превышать: для ВВ — 120 т, электродетонаторов и капсулей-детонаторов — 250 тыс. шт., детонирующего шнура — 100 тыс. м, огнепроводного шнура — не ограничивается.

Вместимость всех хранилищ кратковременного расходного склада ВМ не должна превышать: для ВВ — 54 т, электродетона-

Таблица 8.1. Вместимость отдельного хранилища базисного склада ВМ

Группа совмес- тимости	Взрывчатые материалы	Масса	Вмести- мость, т, не более
1	2	3	4
В	Капсюли-детонаторы, электродетонаторы (кроме высоковольтных), пиротехническое реле типа КЗДШ	Брутто	120
С	Изделия, содержащие пороха	Нетто	120
С	Огнепроводный шнур, средства зажигания ОШ и пороха, сигнальные и пороховые патроны	Брутто	Не ограни- чивается 60
С	Взрывчатые вещества с содержанием жидких пирозэфиров более 15 %, нефлегматизированный гексоген, тэн, тетрил	Нетто	
Д	Детонирующий шнур, высоковольтные электродетонаторы	Брутто	120
Г	ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15 %; тротил и сплавы его с другими нитросоединениями, флегматизированный гексоген, ВВ, не содержащие жидких нитроэфиров; порошкообразные, рассыпные, патронированные, листовые, шнуровые, шланговые, а также пластичные и водосодержащие; изделия, содержащие ВВ без средств инициирования и метательных зарядов	Брутто	240
Г	Рассыпные гранулированные ВВ, допущенные Госгортехнадзором СССР к механизированному растариванию и заряджению механизированным способом	Нетто	420
Г	Торпеды, прострелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и СИ	Брутто	120

Примечание. 1. Огнепроводный шнур, средства его зажигания и пороха, сигнальные и пороховые патроны допускается хранить совместно с ВМ группы В и Д. 2. Детонирующий шнур и высоковольтные электродетонаторы допускается хранить с ВМ группы В. 3. При хранении в одном хранилище ВМ группы Д общая вместимость этого хранилища должна быть принята не более установленной для наиболее опасного компонента.

торов и капсюлей-детонаторов — 75 тыс. шт., ДШ — 35 тыс. м, ОШ — не ограничивается.

Предельная вместимость каждого хранилища постоянных, временных и кратковременных расходных складов ВМ должна быть не более 60, 25 и 18 т соответственно.

§ 4. УЧЕТ ВЫДАЧИ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

На складах ведется постоянный учет ВМ по следующим формам:

а) книга учета прихода и расхода ВМ — ведется заведующим складом ВМ (кладовщиком, раздатчиком);

б) книга учета выдачи и возврата ВМ — предназначена для расходных складов и ведется заведующим складом (кладовщиком, раздатчиком);

в) наряд-накладная — служит для отпуска ВМ с одного склада на другой. Наряд-накладная в четырех экземплярах выписывается бухгалтерией организации, в ведении которой находится склад, отпустивший ВМ. Бухгалтерия вместе с нарядом-накладной выдает получателю доверенность для предъявления на складе на получение ВМ;

г) наряд-путевка на производство взрывных работ — служит для отпуска ВМ взрывникам.

Наряд-путевка подписывается начальником участка, цеха, где должны производиться взрывные работы, или лицом, его заменяющим (мастером участка, цеха), а также начальником взрывных работ организации, если такой имеется. Наряды-путевки хранятся на складе в течение трех лет.

Книги учета прихода и расхода, выдачи и возврата ВМ должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью или пломбой контролирующей организации (Госгортехнадзора СССР или горнотехнической инспекции ведомства).

В книге учета выдачи и возврата ВМ ежедневно подводят итог расхода ВМ, который переносят в книгу учета прихода и расхода. Учет по каждому ВМ ведут отдельно. Записи в книге заносят только по тем ВМ, количественное изменение которых было за сутки.

Во всех приходно-расходных документах не разрешается делать записи карандашом, не допускаются пометки и подчистки. Взрывчатые материалы выдают со склада в строгом соответствии с предъявляемыми нарядами-накладными и нарядами-путевками.

Бухгалтерия или учетно-контрольная группа организации ведет учет прихода и расхода ВМ на основании приходно-расходных документов, представляемых заведующим складом ВМ.

Правильность учета, хранения и наличия ВМ на складах проверяют ежемесячно лица, специально назначенные руководителем организации, и не реже раза в квартал — представитель контролирующей организации органа Госгортехнадзора.

На складе ВМ должны быть образцы подписей лиц, имеющих право подписывать наряды-путевки и наряды-накладные на отпуск взрывчатых материалов, а также образцы подписей лиц, имеющих право подтверждать фактический расход ВМ. Образцы подписей должны быть заверены руководителем организации.

§ 5. ТРАНСПОРТИРОВКА И ДОСТАВКА ВМ

Взрывчатые материалы транспортируют автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным, гужевым и вычным транспортом, а также переносят в виде ручной клади.

ВМ с заводов и базисных складов необходимо перевозить на расходные склады в исправной заводской упаковке. Ящики должны быть снабжены пломбами базисного склада.

Взрывчатые материалы перевозят автомобильным транспортом в соответствии с Инструкцией о порядке перевозки опасных грузов автомобильным транспортом.

В газогенераторных автомобилях, автобусах общего пользования, трамваях, метро, троллейбусах перевозить ВМ запрещается.

При перевозке на автотранспорте ящики укладывают плашмя, плотно один к другому. Мешки ставят вертикально в один ряд, а сверху покрывают брезентом.

На автомобилях, перевозящих ВМ, выставляются спереди и сзади отличительные знаки в виде красных флажков, а в ночное время — отражательные знаки.

Скорость движения автотранспорта при хорошей видимости не должна превышать 60 км/ч. Между автомобилями устанавливается интервал в 50 м по горизонтальному участку и 300 м при движении в горной местности или при спуске и подъеме на гору.

Перевозка ВМ в городских условиях разрешается в закрытых автомобилях с отличительной красной полосой шириной 15 см по диагонали на всех бортах.

Взрывчатые материалы разрешается переносить непосредственно к месту работы в специальных сумках или заводской упаковке без охраны, но под обязательным наблюдением взрывника.

При совместной переноске ВВ и СИ их масса должна быть не более 12 кг. При переноске только ВВ норма составляет 20 кг (если ВВ в заводской упаковке, то норма составляет 40 кг при условии, что расстояние не более 300 м).

Особая осторожность должна соблюдаться при переноске зажигательных трубок и электродетонаторов.

Доставка ВМ в шахту разрешается в клетях и в бадьях, а перевозка в шахте всеми видами транспорта и вручную.

К классу I взрывчатых веществ относятся:

твердые или жидкие вещества или смеси веществ, которые способны к химической реакции с выделением газов с такими интенсивностью, температурой и давлением, что это вызывает повреждение окружающих предметов, за исключением тех веществ, которые не допускаются к транспортированию (особо опасные ВВ, т. е. слишком чувствительные или легко подвергающиеся самовозгоранию);

изделия, содержащие одно или несколько ВВ, кроме устройств, содержащих взрывчатые вещества в таких количествах или с такими свойствами, что их случайное воспламенение и инициирование в процессе транспортирования не приведет к таким проявлениям, как разбрасывание, огонь, дым, тепло или звуковой эффект вне упаковки;

пиротехнические вещества или содержащие их изделия, т. е.

вещества или смеси веществ, предназначенные для производства внешних эффектов (огня, звука, газа, дыма либо их комбинации) в результате недетонирующих экзотермических реакций.

ВМ класса I разделяются на 5 подклассов:

1.1. Вещества или изделия, способные взрываться всей массой (ВВМ). Взрыв массой — это такой взрыв, который одновременно охватывает весь груз.

1.2. Вещества или изделия, не взрывающиеся массой, но имеющие опасность разбрасывания и существенного повреждения окружающих предметов (БВР).

1.3. Вещества или изделия, выделяющие при горении большое тепловое излучение или загрожающие один за другим с незначительным эффектом взрыва или разбрасывания или того и другого вместе (ВВП).

1.4. Вещества и изделия, представляющие незначительную опасность взрыва во время перевозки только в случае воспламенения или инициирования (ВВНО). Действие взрыва большей частью ограничивается самой упаковкой. Разбрасывание элементов упаковки или изделия значительного размера на существенное расстояние не ожидается. Внешний огонь не должен вызвать мгновенного взрыва содержимого.

1.5. Вещества, которые настолько нечувствительны, что при нормальных условиях транспортирования инициирование или переход от горения к детонации маловероятны (ВВНЧ).

Передвижение транспортных средств производится с максимальной осторожностью, а сам груз должен быть уложен таким образом, чтобы исключались его падение, соударение ящиков и удары о борта кузова транспортного средства.

ВМ, относящиеся к разным подклассам, но к одной группе совместимости, допускается транспортировать вместе (см. табл. 8.1).

Иногда допускается совместная перевозка средств взрывания и ВВ к местам работы или с базисных на расходные склады ВМ в количествах, установленных Едиными правилами безопасности при взрывных работах, причем необходимо письменное разрешение главного инженера или руководителя взрывных работ. В этом случае детонаторы размещают в передней части кузова автомобиля в специальном плотно закрывающемся ящике с резиновыми, пенопластовыми или другими прокладками со всех сторон; ВВ помещают в конце кузова и отделяют от ящиков со средствами инициирования.

При управлении автомобилем шофер обязан иметь при себе удостоверение на право управления, талон технического паспорта, путевой или маршрутный лист. Шоферы и охрана проходят специальный инструктаж о порядке перевозки, погрузки и выгрузки ВМ.

ВМ перевозят автотранспортом в сопровождении вооруженной

охраны и специально выделенного ответственного лица, имеющего право на руководство (производство) взрывными работами, и заведующего складом ВМ.

Автомобили, предназначенные для транспортирования ВМ, должны удовлетворять следующим основным требованиям: иметь два огнетушителя, цепи и другие приспособления против скольжения, а также глушители, оборудованные искрогасителями; кузов должен быть чистым и без щелей; электрооборудование должно быть исправным. Кроме того, на кузове устанавливают специальный опознавательный знак.

§ 6. ПОДГОТОВКА ВМ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Перед применением в зависимости от состояния порошкообразные ВВ сушат, измельчают, просеивают, засыпают в оболочки и оттаивают в здании подготовки ВМ или на открытых площадках с навесом. Электродетонаторы проверяют и сортируют по сопротивлениям. Приготавливают зажигательные и контрольные трубки.

Здание подготовки ВМ состоит из отдельных рабочих помещений для каждой операции подготовки ВВ. Температура воздуха в помещении для сушки не должна превышать 50 °С. Используют только водяное отопление. Расстояние от столов сушки до радиатора должно быть не менее 1 м.

Кроме ручного измельчения, применяют механические измельчители типа барабанов, бегунов, вальцов.

Просеивают ВВ на механических ситах. Оболочки ВВ заполняют вручную с помощью воронок и мерных совков. Все эти работы осуществляют в респираторах.

Замерзшие нитроглицериновые ВВ оттаивают естественным путем в ящиках на поверхностных или подземных складах при температуре не ниже 10 °С и не выше 30 °С.

Разрешается использование сосудов-отогревателей, если суточный расход ВВ не превышает 50 кг. Одновременно в сосуде может быть не более 10 кг ВВ при температуре воды 35—40 °С.

Еженедельно и в начале каких-либо работ все помещения моют теплым щелочным или мыльным раствором.

Промышленные ВВ можно просушивать несколькими способами — путем интенсивного проветривания, просушиванием летом на открытом воздухе, а зимой и осенью в специальных отапливаемых зданиях.

Перед выдачей детонаторы маркируют цифрами или метками, по которым легко установить предприятие и взрывника, работающего с данным детонатором, при потере последнего.

Промышленные ВМ следует использовать только по прямому назначению.

Взрывчатые материалы на предприятиях и в организациях необходимо применять в соответствии с руководствами или

инструкциями по их применению, а порядок использования ВМ должен отвечать требованиям Единых правил безопасности при взрывных работах.

На предприятиях и в организациях на все имеющиеся взрывчатые материалы должны быть руководства или инструкции по применению, разработанные организацией-изготовителем.

Кроме того, подготовка ВВ к использованию включает и такие работы, как растаривание мешков с ВВ, которое производится на специально построенных или передвижных растаривающих установках. Из последних широкое применение нашли комплексы МПР-30.

В случае использования ВВ при разрушении обводненных горных пород в подготовительный период изготавливают патроны в специальных гидроизоляционных оболочках.

§ 7. СПОСОБЫ УНИЧТОЖЕНИЯ ВМ

Взрывчатые материалы уничтожают в том случае, когда они признаны недоброкачественными, т. е. если возникает опасность их дальнейшего хранения, прекращения взрывных работ, они непригодны для взрывания и их невозможно передать другому предприятию.

ВМ уничтожают с ведома инспекции Госгортехнадзора. При уничтожении должен составляться акт, в котором приводят наименование и количество ВМ, завод-изготовитель, даты изготовления, поступления на склад и уничтожения, причины и способ уничтожения, должности и фамилии лиц, принимающих участие в уничтожении ВМ. Работами по уничтожению ВМ руководит заведующий складом ВМ. Акт на уничтожение ВМ составляется в двух экземплярах, один из них хранится на складе ВМ, а другой передается в бухгалтерию предприятия.

ВМ разрешается уничтожать взрыванием, сжиганием, топлением и растворением в воде.

Взрыванием разрешается уничтожать детонаторы, ДШ и те ВВ, в полноте взрыва которых есть уверенность. Взрывание производят с применением электрического способа и в крайнем случае — огневого способа.

При уничтожении строго соблюдают Единые правила безопасности.

Патронированные ВВ уничтожают в пачках, ДШ — в бухтах, детонаторы в любой упаковке зарывают в землю.

Все ВМ уничтожают с помощью патрона-боевика, изготовленного из доброкачественного ВВ, масса которого зависит от детонационной способности уничтожаемых ВМ, т. е. уничтожают с помощью доброкачественных СИ.

В случае отказа массу патрона-боевика увеличивают в 2—3 раза, а при электрическом способе вводят несколько таких

патронов-боевиков и взрывание повторяют. При повторном отказе ВМ уничтожают другим способом.

Сжиганием можно уничтожать только не поддающиеся взрыванию ВМ, за исключением детонаторов. Дымные и бездымные пороха сжигают насыпными полосами шириной и высотой не более 30 и 10 см соответственно. Полосы располагают одна от другой на расстоянии 5 м. Одновременно разрешается сжигать не более трех полос.

ВМ сжигают в сухую погоду на специально подготовленной площадке, огражденной со всех сторон противопожарной полосой шириной не менее 10 м. Уничтожение проводят не более чем по 10 кг на одном костре. Подходить к костру разрешается после полного сгорания ВМ; ДШ и ОШ сжигают в бухтах.

После сжигания необходимо проверять, не остались ли на площадке ВМ, золу разрывают деревянными лопатками. Обнаруженные несгоревшие ВМ сжигают в установленном порядке повторно.

Потоплением разрешается уничтожать только неводоустойчивые ВВ. Уничтожение осуществляют, как правило, в открытом море в заводской упаковке. При этом должны быть приняты меры, устраняющие их всплытие. При наличии следов экссудации ВМ уничтожают сжиганием.

Растворением в воде разрешается уничтожать только неводоустойчивые промышленные ВВ и дымный порох, которые растворяют в бочках или других сосудах в холодной или теплой воде. На каждые 10 кг растворяемых ВВ приходится не менее 125 л воды. Раствор сливают в яму, а остаток уничтожают сжиганием.

В естественных водоемах (озерах, прудах, реках и т. д.) уничтожать ВВ растворением запрещается, так как, кроме отравления воды, на дно водоемов оседает нерастворимый взрывчатый осадок. Нерастворимый осадок (тротил, динитро-нафталин) собирают и сжигают на костре.

Гранулированную аммиачную селитру при потере взрывчатых свойств можно использовать как удобрение в сельском хозяйстве.

Глава 9

ТЕХНОЛОГИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 1. РАСПОЛОЖЕНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН В ЗАБОЕ

Проведение выработок взрывным методом должно обеспечивать проектные размеры и форму поперечного сечения выработки, качественное дробление горной массы и небольшой ее развал, максимальное использование энергии взрыва заряда ВВ при наименьших затратах труда и времени.

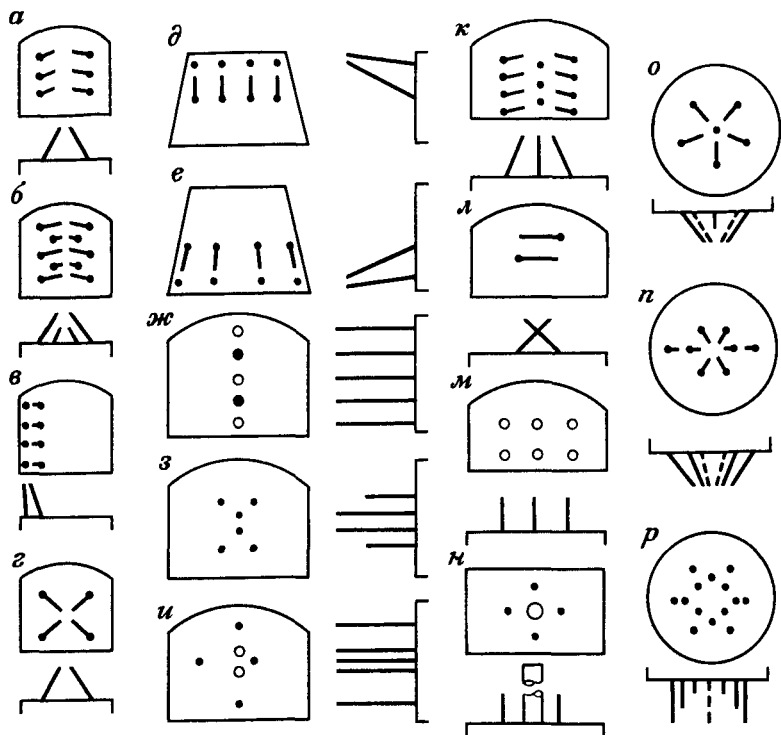


Рис. 9.1. Схема расположения врубовых шпуров:

а — вертикального клинового; б — двойного клинового; в — бокового; г — пирамидального; д — верхнего; е — нижнего; ж — щелевого; з — шагающего; и — спирального; к — клино-щелевого; л — ножницы; м — призматического; н — вруб-скважины; о — воронкообразного; п — эллиптического; р — тройного вертикального ступенчатого

Минимально необходимое число шпуров и способ их расположения в забое горной выработки называется комплектом. Шпур в комплекте, пробуренные в забое выработки, по назначению делят на три группы: врубовые, вспомогательные и отбойные (оконтуривающие).

Врубовые шпур при взрыве в них зарядов ВВ создают дополнительную свободную поверхность. Врубовые шпур бурят на 0,2—0,3 м глубже остальных. Схемы расположения врубовых шпуров, используемые при проведении горных выработок, приведены на рис. 9.1. Для расширения полости, образованной врубовыми шпурами, взрывают вспомогательные шпур.

Оконтуривающие шпур взрывают последними, они предназначены для придания выработке проектного сечения.

Расположение шпуров должно быть таким, чтобы исключался подрыв одного заряда взрывом другого.

Глубина шпуров при проведении выработок принимается равной 1,5—2,5 м.

При выборе типа вруба учитывают возможности и удобство бурения врубовых шпуров.

На основе практических данных установлена область применения различных врубов.

Клиновый вруб применяют для проведения горизонтальных выработок сечением не менее 4 м² и шириной свыше 1,8 м в трещиноватых породах, а пирамидальный и воронкообразный врубы — при проведении стволов шахт.

Прямые врубы, особенно призматический, используют в выработках малого сечения, в отдельных случаях эти врубы могут применяться и в больших сечениях, особенно в крепких и крупноблочных породах.

К параметрам БВР при проведении горных выработок относятся удельный расход ВВ, длина, глубина, количество и диаметр шпуров, расстояние между ними, масса заряда в шпуре и расход ВВ на взрыв.

Расположение, число и глубина шпуров в комплекте определяются паспортом буровзрывных работ. В паспорте также указаны горнотехническая характеристика пород, сведения о взрывных работах в данном забое и мероприятия по технике безопасности.

При очистной выемке применяют скважинные (диаметром 80—150 мм) заряды. Взрывная отбойка скважинными зарядами более эффективна.

Скважины располагают параллельно или веером, а отбиваемые слои в зависимости от горнотехнических условий и системы разработки могут быть горизонтальными, вертикальными или наклонными.

Расчет параметров шпуровой и скважинной отбойки приведен в гл. 7.

§ 2. КОНТУРНОЕ ВЗРЫВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ВЗРЫВА

Взрывные работы при проведении горных выработок часто вызывают значительное нарушение и даже разрушение в массиве за проектным контуром выработки. Вследствие этого сечение выработки становится больше проектного, затраты на уборку разрушенной породы, крепление и заполнение пустот в пространстве за крепью и стенками выработки увеличивается.

При проведении выработок с длительным сроком службы, когда необходимо получить контур выработки, близкий к проектному, с возможно минимальным нарушением законтурного массива применяют контурное взрывание, которое обеспечивает близкое к проектному оконтуривание проводимой выработки с относительно ровными поверхностями ее боков и кровли.

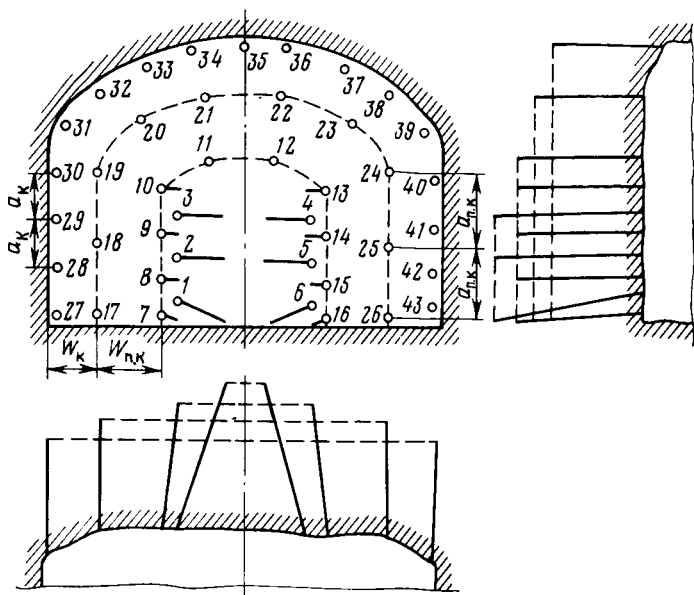


Рис. 9.2. Схема расположения шпуров при проведении выработок методом контурного взрывания:

a_k — расстояние между шпурами по контуру выработки; $a_{п.к}$ — расстояние между отбойными шпурами; W_k , $W_{п.к}$ — ЛНС для оконтуривающих и отбойных шпуров соответственно

Сущность контурного (гладкое, щадящее) взрывания состоит в одновременном взрыве сближенных зарядов особой конструкции по контуру горной выработки (рис. 9.2). Этот эффективный способ ограничения массива за контуром выработки заключается в том, что оконтуривающие шпуры бурят по возможности ближе к проектному контуру сечения выработки с применением рассредоточенных зарядов, низкобризантных ВВ, патронов ВВ уменьшенного диаметра с продольной кумулятивной полостью, обращенной в сторону законтурного массива, в которую уложены продольные деревянные планки.

Основные факторы, оказывающие влияние на качество оконтуривания выработки,— масса, диаметр и конструкция заряда, расстояние между оконтуривающими шпурами, ЛНС.

Незначительный перерасход средств на бурение вследствие сближенного расположения зарядов компенсируется снижением расходов на крепление и поддержание выработок.

Методы контурного взрывания, применяемые при проходке выработок, делятся на две группы: взрывание с последующим

и предварительным оконтуриванием (предварительным щелеобразованием).

При предварительном оконтуривании в первую очередь взрывают заряды по контуру выработки для образования щели по контуру. В этом случае взрывание зарядов в центральной части выработки происходит с экранированием энергии волн напряжений, что значительно ослабляет действие взрыва на стенки и кровлю.

Метод с последующим оконтуриванием широко используют при проведении выработок обычного сечения.

Контурное взрывание с предварительным оконтуриванием применяют при проходке выработок большого сечения, для чего по контуру выработки шпуры на расстоянии 20—40 см один от другого заряжают зарядами малого диаметра.

Контурное взрывание широко применяют при проходке выработок в монолитных породах и при гидротехническом строительстве, оно все шире распространяется на рудных и угольных шахтах.

Недостатки контурного взрывания следующие: на 15—20 % увеличивается число шпуров, возрастают затраты труда на зарядание оконтуривающих шпуров вследствие сложности конструкции зарядов.

При контурном взрывании применяют электрическое короткозамедленное взрывание, оконтуривающие шпуры взрывают одним замедлением.

§ 3. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ЗАРЯЖАНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН

Механизация зарядания патронированными ВВ осуществляется зарядчиками метательного и толкающего действия. Толкающие зарядчики для шпуров распространения не получили. Механизированное зарядание патронированными ВВ облегчает труд рабочих, в 2—5 раз повышает производительность, увеличивает плотность зарядания. Однако главным при этом остается вопрос безопасности работ. Опасность при механизированном зарядании обусловлена значительными скоростями движения ВВ по зарядным шлангам в результате ударов их о забой.

Патронированные ВВ транспортируют по трубопроводам зарядчиков, изготовленных из токопроводящих (полупроводящих) труб или шлангов с удельным сопротивлением не более 10^6 Ом·см, с обязательным заземлением всех элементов. Скорость подачи патронов толкающими зарядчиками ограничена и составляет 0,6 м/с, а метательными — 10 м/с. К работе с зарядным устройством допускаются только взрывники, обученные по специальной программе.

Применение механизированной зарядки рассыпными ВВ с использованием пневматического способа зарядания повышает

объемную концентрацию энергии ВВ в зарядной выработке. При зарядании гранулированными ВВ происходит их уплотнение в зарядной плоскости. Данный способ отличается высокой производительностью труда и повышенной плотностью заряжания.

При проведении выработки используют большое число зарядных устройств и установок, в том числе эжекторные, нагнетательные, порционные (камерные) зарядчики и зарядные установки с барабанным питателем.

Эжекторные зарядчики имеют простую конструкцию, способствующую удобству эксплуатации при больших скоростях транспортирования ВВ. Поскольку они обладают низкой производительностью и малой дальностью транспортирования ВВ, а высокие скорости транспортирования способствуют большому пылению, то их рекомендуется применять только для зарядания игданитом или гранулитом. Технические характеристики некоторых зарядчиков приведены ниже.

Технические характеристики эжекторных зарядчиков

Типоразмер	ЗЭП-Г («Курама-7М»)	ЗЭП-В («Курама-8»)
Диаметр шпуров, мм	34—60	34—50
Глубина шпуров, м	3	3
Вместимость бункера, м	7	9
Рабочее давление, МПа	0,5—0,6	0,5—0,7
Производительность, кг/мин, не более	18	12
Наружный диаметр зарядной трубки, мм	24	24
Габаритные размеры, мм	1500×400×300	1400×300×300
Масса зарядчика, кг	2,0—2,2	2,5

Пр и м е ч а н и е. Зарядчик обслуживает один рабочий.

Техническая характеристика нагнетательного зарядчика ЗНП-5 («Вахш-5»)

Вместимость бункера, кг	25
Давление сжатого воздуха, МПа	0,35—0,4
Производительность, кг/мин	40—120
Глубина заряжания, м:	
шпуров	15
скважин	50
Диаметр, мм:	
шпуров	56
скважин	56—105
Плотность заряжания, г/см ³	1,15
Размеры, мм:	
высота	1000
диаметр	260
Масса зарядчика, кг	20

Нагнетательные зарядчики оборудованы бункером для размещения ВВ вместимостью 20—30 дм³ (переносные) и 50—75 дм³ (передвижные).

Нагнетательные зарядчики бывают периодического, прерывного и порционного действия. Для заряжания скважин глубиной не более 4 м при проведении горно-разведочных выработок применяют зарядчики типов ПЗЖ и ПЗЛ.

Порционные зарядчики с дозированием ВВ используют в тех случаях, когда невозможно контролировать величину заряда по его длине. Эти зарядчики предназначены для заряжания шпуров и скважин небольшими порциями, следующими одна за другой. За счет этого повышается плотность заряжания по сравнению с зарядчиками непрерывного действия.

К данному типу относятся зарядчики ЗП-1, ЗП-2, ЗП-5, ЗП-12 и ЗП-25.

Технические характеристики порционных пневмозарядчиков

Типоразмер	ЗП-1	ЗП-2	ЗП-5	ЗП-12	ЗП-25
Диаметр заряжаемых шпуров и скважин, мм	32—50	56	75—80	105	120—150
Производительность, кг/мин	5—30	20—50	50—70	120—170	130—170
Глубина шпуров и скважин, м	5	25	35	40	40
Вместимость приемного бункера, л	—	40	40	60	60
Масса порции, кг	0,5÷2	0,5÷2	5	12	25
Дальность транспортирования, м	—	30	70	100	150
Габаритные размеры, мм:					
высота	810	900	1040	1200	1200
ширина (диаметр приемного бункера)	262	570	570	570	570
Диаметр зарядного шланга, мм	25	25	32	38—50	38—60
Масса зарядчика, кг	15	17	19	30	38

Зарядные установки с барабанным питателем имеют открытый бункер для размещения ВВ и барабанный питатель. Заряжание осуществляют следующим образом: из бункера ВВ питателем подается в смесительную камеру, а затем с помощью сжатого воздуха транспортируется по зарядному шлангу в зарядную выработку.

Зарядные установки с барабанным питателем применяют для заряжания глубоких скважин и камер.

Установки УЗС-1500, УЗС-600 и УЗДМ-1 предназначены для заряжания только готовыми ВВ.

Комплекс «Берелех» предназначен для механизации по приготовлению, транспортированию и заряжанию скважин игданитом.

В процессе взрывных работ при проведении горных выработок на поверхности с применением скважин большого диаметра взрывные работы механизуют на основе принципа независимости процесса заряжания и забойки от других технологических процессов — погрузки, транспортировки и т. д. Поэтому используют такие машины, которые могут без привлечения других

средств выполнять комплекс работ по погрузке, разгрузке, перемещению ВВ и заряданию его в зарядную камеру или скважину.

§ 4. ПОДГОТОВКА ВЗРЫВА И ЗАРЯЖАНИЕ ШПУРОВ

Производство взрывных работ осуществляется в соответствии с календарным планом БВР, который составляется ежемесячно техническим отделом, согласовывается с начальниками участков и утверждается главным инженером рудника или карьероуправления. Исходные данные для составления календарного плана БВР следующие:

- 1) рабочие чертежи проекта разработки месторождения;
- 2) программа горных работ на год;
- 3) гидрогеологическая документация и данные эксплуатационной разведки месторождения;
- 4) ежемесячная детальная маркшейдерская съемка выработок или карьера.

Календарный план БВР выполняется в масштабе, соответствующем масштабу, принятому в маркшейдерской и геологической документации по буровым работам.

Календарный план буровзрывных работ содержит:

- 1) очередность и границы обуриваемых блоков с указанием величины месячного плана бурового и погрузочного оборудования;
- 2) расположение железнодорожных, энергетических и других коммуникаций в шахте или на рабочих уступах карьера;
- 3) типы горных пород, их контакты, физико-механические свойства пород, трещиноватость, категории по буримости и взрываемости;
- 4) срок готовности скважин определенного блока, маркшейдерско-геологической документации и технического проекта взрыва.

При обуривании блоков маркшейдер производит дополнительную теодолитную съемку скважин и контроль за соответствием параметров взрывания БВР; геолог — эксплуатационную разведку пород блока, готовящегося ко взрыву (отбор проб при бурении скважин); замерщик — контроль за диаметром и глубиной скважин.

Руководит работами, связанными с подготовкой и организацией взрывных работ, главный инженер рудника или его заместитель по БВР.

Взрывчатые материалы выдают со склада и завозят только при наличии технического проекта взрыва, который поступает на взрывной участок за 7 сут до производства взрыва.

Шпуров заряжают, как правило, патронированным ВВ. Порошкообразные ВВ используют при зарядании сухих вертикально или наклонно падающих шпуров. Уплотняют заряды и

подают патроны забойником — деревянным или алюминиевым стержнем. Патроны промышленных ВВ при зарядании сухих шпуров обычно нарезают по спирали и уплотняют забойником, чтобы они наиболее плотно размещались в шпуре и прилегали друг к другу.

Патрон-боевик, как правило, располагают в верхней половине или на заряде, иногда при инициировании в сторону от устья шпура патрон-боевик размещают первым от дна шпура. Во всех случаях дно капсюля-детонатора направлено по ходу детонации заряда ВВ. После введения патрона-боевика уплотнение заряда забойником не допускается.

Часть шпура, свободную от ВВ, заполняют инертным материалом — забойкой.

Правилами техники безопасности взрывание зарядов без забойки запрещено.

§ 5. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ВЗРЫВОВ

Все взрывные работы производят под руководством лиц, имеющих законченное высшее или среднее специальное горнотехническое образование. Непосредственное выполнение операций, из которых складывается комплекс взрывных работ (подвозка и подноски ВМ, зарядание, забойка, монтаж взрывной сети и взрывание) поручают только лицам, имеющим Единую книжку взрывника. Организация и проведение массового взрыва включает большой комплекс мероприятий, сопровождающихся текущим оформлением различных документов, без которых невозможно производство работ.

За 10 дней до массового взрыва издается приказ по организации, ведущей взрывные работы, о производстве взрыва с указанием числа и времени взрыва, а также лиц, ответственных за следующее:

- сдачу и приемку взрываемых блоков в назначенный срок;
- доставку ВМ и забоечного материала на блоки, зарядку скважин и монтаж взрывной сети;
- расход ВВ и качество зарядки скважин;
- круглосуточную охрану ВМ и заряженных скважин;
- соблюдение Единых правил безопасности при взрывных работах при подготовке и проведении массового взрыва.

Приемку блоков, подготовленных к взрыву, производят после получения технического проекта взрыва. При этом работники взрывного участка сверяют соответствие проектных и фактических параметров буровзрывных работ, уточняют уровень воды в скважинах и заносят выявленные отклонения в технический проект взрыва. Приемка и сдача готовых взрывных выработок документально оформляются актом.

Взрывные работы разрешается выполнять, если при взрыве не только обеспечена полная безопасность людей, но исключается повреждение крепи, горных выработок, машин, механизмов, а также зданий и сооружений на поверхности.

Готовность блока к взрыву подтверждается сигнализацией. Первый сигнал — предупредительный (один продолжительный звуковой гудок). Если взрывная сеть исправна, то дают боевой сигнал — два продолжительных звуковых гудка. По этому сигналу зажигают ОШ и удаляются в укрытие, а при электровзрывании — включают ток. Третий сигнал — «отбой» (три коротких гудка) дается по окончании взрывания. Сигнал «отбой» подается звуковой сиреной по команде ответственного за взрыв (обычно через 30 мин после взрыва).

Сигналы в шахтах подаются только звуковые. При вторичном взрывании разрешается объединять 1-й и 2-й сигналы путем непрерывного звучания сирены с обязательной подачей сигнала «отбой».

§ 6. БЕЗОПАСНЫЕ РАССТОЯНИЯ, ИХ РАСЧЕТ

Для предохранения людей, машин, механизмов, зданий и сооружений от повреждения при взрыве устанавливают безопасные расстояния, которые больше радиусов зоны опасных воздействий, поражающего и разрушительного действия. К ним относятся сейсмический эффект, разлет кусков породы, воздушная волна, непосредственное воздействие взрыва. Для зданий и сооружений определяют опасные зоны по сейсмическому действию, для предохранения людей, зданий и сооружений — по поражающему и разрушительному действию воздушной волны и разлета кусков породы.

Полученные при расчете радиусы опасной зоны не должны быть меньше указанных в Единых правилах безопасности при взрывных работах. В зависимости от места проведения взрывных работ безопасные расстояния R_b по ударной воздушной волне для горных работ на открытой поверхности рассчитывают с помощью следующих соотношений:

$$R_b = K_1 \sqrt{Q} \quad \text{и} \quad (9.1)$$

$$R_b = K_2 \sqrt[3]{Q}, \quad (9.2)$$

где Q — масса заряда, кг; K_1 и K_2 — коэффициенты пропорциональности.

Если по условиям работы необходимо максимальное приближение обслуживающего персонала к месту работ, то опасную зону по действию воздушной волны на человека при взрыве накладного заряда определяют по формуле

$$R_b = 15 \sqrt[3]{Q}. \quad (9.3)$$

В нормальных условиях это расстояние увеличивается в 2—3 раза, а при использовании блиндажа может быть уменьшено в 1,5 раза.

Для подземных горных работ

$$R_b = (3200 \frac{Qm_{п.в}}{L\sum S} + 780) \sqrt{\frac{Qm_{п.в}}{L\sum S} e^{-\frac{\beta R}{d_v}}}, \quad (9.4)$$

где $m_{п.в}$ — коэффициент перехода энергии взрыва в воздушную волну, при взрывании шпуров $m_{п.в}=0,01$; L — длина выработки, м; $\sum S$ — суммарное сечение выработок сообщающихся с выработкой, в которой помещен заряд, м²; β — коэффициент сопротивления выработки (от 0,01 в забетонированных до 0,06 в закрепленных арочной крепью выработках); d_v — приведенный диаметр выработки, м, $d_v = \sqrt{4S/n_v}$; n_v — число выработок.

Допустимое давление воздушной волны на человека принято равным 20 кПа.

Радиус опасной зоны по дальности разлета кусков породы, как правило, устанавливают по табл. 9.1 в зависимости от показателя действия взрыва заряда и длины ЛСПП.

Радиус опасной зоны при рыхлении определяют при условии перерасчета значения ЛНС заряда рыхления W_p в условную ЛНС заряда нормального выброса

$$W_n = \frac{5}{7} W_p. \quad (9.5)$$

Таблица 9.1. Радиусы опасных зон по разлету кусков породы

ЛНС, мм	Радиус опасной зоны (м) в зависимости от показателя действия взрыва							
	1,0	1,5	2,0	2,5—3,0	1,0	1,5	2,0	2,5—3,0
	Для людей				Для механизмов			
1,5	200	300	350	400	100	150	250	300
2	200	400	500	600	100	200	350	400
4	300	500	500	800	150	250	500	550
6	300	600	800	1000	150	300	550	650
8	400	600	800	1000	200	300	600	700
10	500	700	900	1000	250	400	600	700
12	500	700	900	1200	250	400	700	800
15	600	800	1000	1200	300	400	700	800
20	700	800	1200	1500	350	400	800	1000
25	800	1000	1500	1800	400	500	900	1000
30	800	1000	1700	2000	400	500	1000	1200

Примечание. При выполнении взрывов на косогорах с уклоном местности более 30° и при превышении места взрыва над окружающей местностью более 30 м радиус опасной зоны по разлету кусков породы в сторону уклона косогора увеличивается в 1,5 раза.

По полученному значению условной ЛНС из табл. 9.1 в графе, относящейся к зарядам с $n=1$, находят радиус опасной зоны.

Радиус опасной зоны по газовому фактору определяют, если масса взрывааемых зарядов рыхления или выброса составляет 100 т и более:

$$R_r = K_r \sqrt{cQ},$$

где K_r — экспериментальный коэффициент, $K_r=1,0-1,5$; c — количество ядовитых газов взрыва, выделяемых при взрыве 1 кг ВВ, в пересчете на условный оксид углерода, л/кг; Q — общая масса взрывааемых ВВ, кг.

В направлении ветра радиус опасной зоны по газовому фактору увеличивается в 2 раза.

Опасная зона по газовому фактору на подземных работах существенна в выработках, по которым проходит исходящая воздушная струя. Вход в эти выработки строго запрещен. Люди, находящиеся на постах охраны, должны иметь при себе самоспасатели.

Безопасные расстояния для людей по поражающему действию воздушной волны, газовому фактору и разлету кусков должны быть такими, чтобы исключить несчастные случаи. Поэтому за безопасное расстояние для людей принимается наибольшее из рассчитанных по действию ударной воздушной волны, газовому фактору и разлету кусков. Безопасное расстояние для людей должно быть не меньше указанных ниже.

Безопасные расстояния (м) для людей при различных видах и методах взрывных работ на открытой местности

Взрывание на открытых работах в грунтах и скальных породах с использованием методов:

наружных зарядов ¹	≤ 300
шпуровых зарядов	≤ 200
котловых шпуров ²	≤ 200
рукавов ²	≤ 200
скважинных зарядов ³	По проекту или паспорту, но не менее 200
котловых скважин	По проекту, но не менее 300
камерных зарядов	По проекту или паспорту, но не менее 300
Дробление валунов зарядами в подкопах	≤ 400
Корчевка пней	≤ 200
Прокладка защитных полос в грунте при борьбе с лесными пожарами	≤ 50
Взрывание при посадке насыпей на болотах	≤ 100

Дноуглубительные работы ⁴:

1) без наличия ледяного покрова на поверхности водного бассейна:

а) при взрывании нескальных грунтов	≤ 100
б) при взрывании скальных грунтов:	
шпуровыми зарядами	≤ 50
накладными зарядами массой < 100 кг	200
накладными зарядами массой > 100 кг	300

2) при наличии ледяного покрова вне зависимости от свойств взрывааемых грунтов ≤ 200

Ледоходные работы при взрывании:

ледяного покрова	≤ 100
заторов	≤ 200
льда толщиной более 2 м и заторов зарядами более 300 кг	≤ 300

Взрывные работы по шуге ≤ 50

Взрывные работы по металлу:

на открытых полигонах	≤ 1500
при взрывании в бронированных ямах	≤ 30
при взрывании на территории заводских площадок ⁵	По проекту
при взрывании в горячих массивах	По проекту, но не менее 30

 при штамповке изделий То же, 25

Валка зданий и сооружений » 100

Дробление фундаментов » 200

Простреливание шпуров » 50

Простреливание скважин для котловых зарядов » 100

При торпедировании и перфорации нефтяных и газовых скважин ⁶ » 50

При взрывах для сейсмических разведок:

 в шурфах и на поверхности » 100

 в скважинах » 30

Взрывные работы на стройплощадке ⁵ По проекту

¹ Абсолютная суммарная величина взрывааемых одновременно детонирующим шнуром или электродетонаторами мгновенного действия наружных зарядов не должна превышать 20 кг ВВ.

² При взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиусов опасной зоны должна быть не менее 300 м.

³ Радиус опасной зоны указан для случая взрывания зарядов в скважинах с забойкой.

⁴ Для предотвращения продвижения в опасную зону судов, плотов и других плавучих средств при производстве дноуглубительных работ должны выставляться оцепление и сигналы на расстоянии не менее чем 200 м от границы опасной зоны вверх и вниз по течению реки. Во время лесосплавов оцепление и сигналы по течению реки должны выставляться на расстоянии не менее 500 м.

⁵ В проекты (особенно для взрывания на стройплощадках в населенных пунктах) должен включаться раздел, в котором излагаются особые меры, обеспечивающие безопасность людей.

⁶ Радиус опасной зоны при торпедировании и перфорации может быть уменьшен до 20 м после спуска аппарата в скважину на глубину более 50 м.

Глава 10

ПРИМЕНЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

§ 1. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ И КОРЧЕВКЕ ПНЕЙ

Выемки на косогорах проходят для размещения на них дорог, промышленных площадок, а также для сооружения горизонтальных выработок.

При составлении проектов производства работ и проектов массового взрыва отдельных участков используют данные геодезических работ.

Взрывание в скальных породах при сооружении выемок на косогорах может быть выполнено:

шпуровыми зарядами при глубине выемок до 3 м, а также в тех случаях, когда исключается возможность применения других методов;

скважинными зарядами при глубине выемок более 3 м;

камерными зарядами при глубине выемок свыше 6 м, когда необходимо выполнить направленное взрывание с выбросом породы.

При ведении геологоразведочных работ часто приходится производить корчевку пней и кустарников взрывом для очистки больших площадей под строительные площадки, автомобильные дороги, линии связи и т. п.

Рубку и валку деревьев выполняют с целью сохранения древесины перед массовыми взрывами на выброс на участках, находящихся в пределах развала горной массы.

Корчевку пней осуществляют двумя способами: взрывом зарядов в шпуре, который располагают в центре, или взрывом заряда, заложенного под центром подбуренного или подкопанного пня, диаметром до 150 мм (рис. 10.1).

Глубина скважин зависит от диаметра пня, давности рубки, свойств грунта и находится в пределах от одного до двух диаметров пня.

При корчевке толстых пней используют два скважинных заряда и более. Заряды взрывают одновременно.

Расход ВВ на 1 см диаметра пня составляет 15—30 г. Для пней свежей рубки и большого диаметра, расположенных в полускальных и суглинистых грунтах, величину зарядов уточняют по данным опытных взрывов.

Метод шпуровых зарядов при корчевке пней применяют в любое время года.

Массу заряда определяют по формуле

$$Q = (7,5 \div 10) d, \quad (10.1)$$

где d — диаметр пня, см.

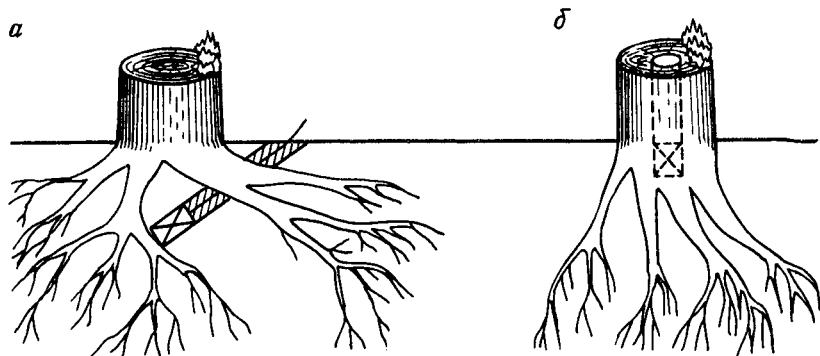


Рис. 10.1. Схема расположения зарядов в подкопе (а) и шпуре (б) при корчевке пней

Глубину шпуров и величину зарядов уточняют по данным опытных взрывов.

При массовой корчевке пней, когда при производстве этих работ занято много взрывников, расстояние между ними должно быть не менее 300 м.

Взрывной корчевкой пней должен руководить работник, имеющий право на ответственное руководство взрывными работами.

Применение дымного пороха в лесу при валке деревьев и корчевке пней запрещается.

§ 2. ПРОСТРЕЛОЧНО-ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПЕРФОРАЦИИ СКВАЖИН И ОТБОРЕ ПРОБ ГРУНТОНОСАМИ

Перфорация осуществляется с помощью кумулятивных, пулевых и снарядных перфораторов.

В геологоразведочных работах наиболее широко применяют кумулятивные перфораторы, состоящие из кумулятивных зарядов.

Образование кумулятивной струи происходит путем воздействия продуктов взрыва на стенки выемки, при этом происходит сжатие облицовки от вершины к основанию. В результате образуется струя с давлением в сотни мегапаскалей, движущаяся со скоростью 8—10 км/с.

Взрывание кумулятивного заряда создает в трубе с толщиной стенки 12 мм и в горной породе крепостью $f=2,5$ (по М. М. Протодяконову) канал длиной 55—230 мм и диаметром 5—22 мм.

Перфораторы бывают многократного использования, не разрушающиеся при взрыве, и однократного.

В геологических экспедициях часто применяют перфораторы многократного использования ПК-103Д и ПКС различных типоразмеров, с помощью которых при простреливании создается

сетка отверстий. В перфораторе типа ПКС используют групповые заряды — по четыре в одной плоскости под углом 90° , угол смещения грунта составляет 45° . Расстояние между группами — 75—85 мм, масса одного заряда — 6—8,5 г, количество зарядов — 40.

Для разрушения негабаритных включений при бурении геологоразведочных скважин применяются перфораторы ПВКТ-70, ПВН-90 и другие перфораторы с криволинейными стволами.

Отбор проб грунтоносами. При разведочном бурении скважин для получения сведений о пласте, выявления в нем вещественного состава, необходимого для оценки запасов месторождения, отбирают образцы и пробы с помощью грунтоносов. Последние представляют собой специальные устройства, у которых бойки выстреливаются в стенки скважин, при внедрении в породу заполняются ею, а затем извлекаются на поверхность. Грунтонос состоит из корпуса с пороховыми камерами, служащими для размещения пороховых зарядов. Над камерами расположены стволы, в которых находятся полые бойки цилиндрической формы, скрепленные с корпусом стальным тросиком.

Широко применяют грунтоносы ГБСУ55, ГМС40-1 и типа ГМК (комбинированный малогабаритный).

Грунтоносы используются для отбора образцов в породах с крепостью $f = 3 \div 4$ по М. М. Протодяконову.

§ 3. ТОРПЕДИРОВАНИЕ В ВОДЯНЫХ СКВАЖИНАХ

В период строительства геологоразведочных предприятий для обеспечения людей и оборудования водой бурят артезианские скважины. Через определенный промежуток времени продуктивность пласта может быть снижена (иногда до нуля). В этом случае увеличения дебита воды можно достигнуть торпедированием скважин (рис. 10.2).

Торпедирование скважин применяют также для разрушения обсадных труб бурового инструмента на забое, дробления оставшихся в скважине металлических предметов и повышения производительности бурения в весьма крепких породах, ликвидации прихвата бурового инструмента и прилипания колонны труб к стенкам скважины вследствие перепада давления и т. д.

Торпеда представляет собой заряд ВВ, предназначенный для взрывания в скважине (рис. 10.3).

Существуют следующие виды торпед: шпуровые, фугасные, кумулятивные осевого действия, кумулятивные турбоборезы и др.

Шпуровые торпеды ТДШ25 и ТДШ50 включают заряды из ДШ, головку, взрывной патрон, трос, на котором крепят заряд и груз. Фугасные торпеды Ф-2 и ФТ60 относятся к группе герметичных.

Кумулятивная торпеда осевого действия ТК070А состоит из

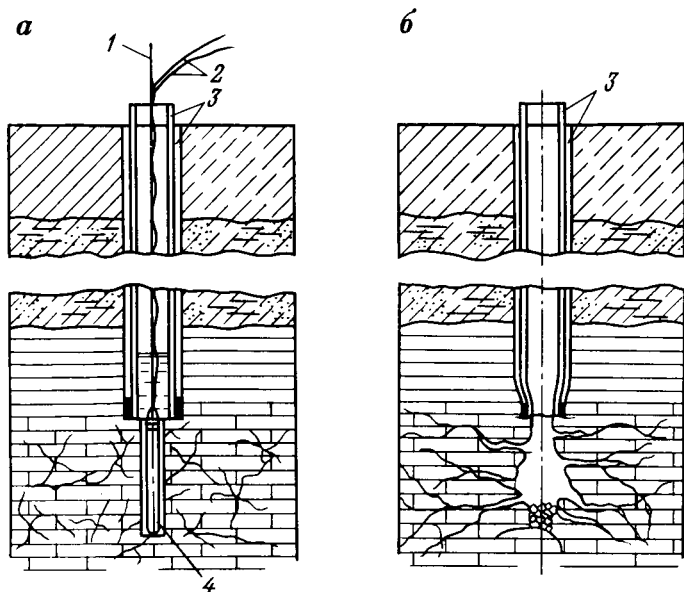


Рис. 10.2. Торпедирование скважин:

а — установка торпеды в скважине; б — скважина после взрыва торпеды; 1 — канат; 2 — электропровода; 3 — обсадные трубы; 4 — торпеда

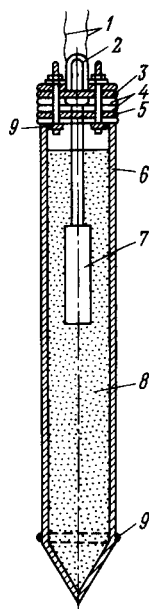


Рис. 10.3. Устройство торпеды:

1 — электропровода; 2 — металлическая скоба; 3, 5 — фланцы; 4 — резиновые прокладки; 6 — корпус; 7 — патрон-боевик; 8 — ВВ; 9 — сварной шов

кумулятивного заряда с взрывателем, корпуса, переходника и груза. Масса заряда составляет 1—2 кг.

Торпеды типа ТШБ с большими зарядами используют при обработке продуктивных пластов.

Турборезы кумулятивные герметичные с зарядами поперечно-плоского действия типа ТКГ предназначены для перерезания труб.

Для выбора типа торпеды и величины заряда скважину предварительно исследуют, т. е. определяют ее глубину, уровень воды в ней, диаметр и длину колонны обсадных труб, наличие в скважине обвалов, пробок, повреждений труб, температуру в скважине, состояние буровой вышки, а также наличие построек и жилых зданий.

На основании материалов исследований составляют рабочий проект (паспорт) производства взрывных работ, в котором приводят расчет заряда, конструкцию торпеды, меры предохранения колонн и условия безопасного производства работ.

В качестве ВВ для снаряжения торпеды следует выбирать сорта с высокой плотностью и бризантностью. Обычно применяют гранулированный и прессованный тротил, алюмотол и водоустойчивые сорта аммонита.

Для торпедирования скважин с целью увеличения дебита пласта массу заряда (кг) определяют по формуле

$$Q = 0,785 d_t^2 \Delta l, \quad (10.2)$$

где d_t — внутренний диаметр торпеды, дм; Δ — плотность заряжения, кг/дм³; l — длина заряда, дм.

При торпедировании с целью образования каверны и зоны трещинообразования рассчитывают диаметр получаемой каверны и радиус зоны трещинообразования.

Диаметр каверны находят из выражения

$$D_k = d_z \sqrt{P_{пр}}, \quad (10.3)$$

где d_z — диаметр заряда, дм; $P_{пр}$ — показатель простреливаемости, дм³/кг.

Для обеспечения свободного спуска торпеды по скважине наружный диаметр торпеды должен быть на 25—35 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб.

Радиус зоны трещинообразования определяется по формуле

$$R_{т.с} = \sqrt[3]{Q/q}, \quad (10.4)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³, $q \approx 0,7$ кг/м³.

Длину заряда принимают равной мощности водоносного слоя, подлежащего торпедированию.

Массу заряда для торпед устанавливают по вместимости.

Для разрушения обсадных труб с целью последующего их

извлечения массу заряда Q определяют в зависимости от диаметра обсадных труб d .

Масса заряда Q , кг	100	125	150	200	250	300	400
Диаметр обсадных труб d , мм	6	9	13	16	18	22	30

Для дробления долот диаметром 400 и 300 мм массу заряда ВВ принимают соответственно 25—30 и 22—25 кг.

К снаряжению торпеды приступают после подготовки скважины к взрывным работам. Подготовку торпеды производят в специальном помещении на расстоянии 50 м и более от места производства взрывных работ. Способы взрывания торпеды — электрический и с помощью ДШ.

Во избежание деформации труб рекомендуют следующие меры: ограничение масс заряда в торпедо до 7 кг, применение воздушно-пузырьковых завес, устройство предохранительных мостов.

Предохранительным мостом называют пробку из насыпных материалов (песок, гравий) или быстросхватывающихся гипсовых цемента.

Высоту моста из насыпных материалов определяют по формуле

$$h_m = 3,5 \sqrt[3]{Q}. \quad (10.5)$$

В качестве забоечного материала используют воду. Взрывание торпеды проводят с поверхности. Допускается использование любых источников тока, применяемых в электровзрывании.

После производства взрыва подходить к устью скважины разрешается только руководителю взрывных работ, но не ранее чем через 5 мин.

Если торпеда не взорвалась, то ее необходимо осторожно поднять из скважины и установить причину отказа.

§ 4. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Основная цель взрыва при сейсморазведке — создание упругих импульсов. Упругие волны, которые расходятся в виде сигналов при их регистрации, дают представление о геологическом строении исследуемого участка, характере и глубине залегания пород, определяют их положение.

Скорость распространения упругих волн измеряют специальными приборами — сейсмографами. Возбуждение упругих волн осуществляется энергией взрыва с помощью одиночных или групповых зарядов в воздухе, на поверхности земли, в выработках или буровых скважинах.

Волны, распространяющиеся в толще земли от места взрыва, на границах между пластами пород отражаются или преломляются, после чего вновь возвращаются на поверхность земли, где они регистрируются на сейсмограмме. Обработка сейсмограмм позволяет дать представление о глубине залегания отдельных пластов породы.

При проведении разведки сейсмическими методами взрывные работы выполняются согласно проекту, в котором содержатся следующие сведения:

план разведываемой площади с нанесением на нем сетки рабочих профилей и расположение объектов в зоне проведения работ;

методы и технология выполнения работ;

параметры взрывания, а также применяемые ВВ и средства инициирования (СИ);

применяемые выработки и их параметры;

используемые техника и оборудование;

условия хранения ВМ;

устройство утеплений при ведении сейсмических работ в зимних условиях.

При производстве сейсмических работ применяют следующие методы взрывных работ: воздушные, подземные и подводные взрывы.

При воздушных взрывах заряды размещают над поверхностью земли на определенной высоте. Упругие волны в породе вызываются ударной волной, однако при этом образуется большая ударная звуковая волна. Воздушные взрывы применяют очень редко.

При подземных взрывах заряды размещают в специальных выработках. Наиболее часто заряды размещают в скважинах, так как выделяющаяся при взрывах энергия более полно используется для возбуждения упругих колебаний.

При подводных взрывах их производство осуществляют обычно на дне водоема. Для этого применяют подвесные заряды, которые крепят к поплавкам и располагают на заданной глубине (обычно 1—2 м для зарядов весом от 3 до 15 кг).

Производство взрыва осуществляют с суши, где также находится регистрирующая аппаратура.

Для производства взрывных работ необходимо иметь взрывчатые материалы и средства взрывания.

Условия взрывания, массу заряда, его форму, глубину заложения и последовательность взрывания устанавливает руководитель разведочной партии согласно проекту на взрыв и диспозиции, где указываются параметры взрыва и список лиц, ответственных за его подготовку и проведение.

При сейсморазведке применяют только электрический способ взрывания. Взрывная магистраль изготавливается двухпроводной, при этом концы проводников электродетонаторов должны быть

накоротко замкнуты до момента присоединения их к магистральным проводам.

В зависимости от заданной величины и глубины заложения зарядов устанавливают радиусы опасных зон.

После производства взрывных работ начальник партии совместно с представителями местных органов составляют акт о завершении ликвидационных работ и рекультивации земной поверхности.

§ 5. ДРОБЛЕНИЕ ЛЬДА ВЗРЫВОМ

Техника производства взрывных работ при дроблении льда имеет свои особенности. Работы по образованию лунок, прорубей и заряданию, как правило, приходится вести со льда при нулевых и более высоких температурах воздуха.

Лунки диаметром 30—40 см в ледяном покрове подготавливают механизированным, взрывным и ручным способами.

Иницирование зарядов ВВ при ледокольных работах можно производить огневым и электрическим способами, а также с помощью ДШ.

Способы опускания зарядов под лед приведены на рис. 10.4.

Опускание зарядов на огнепроводном или детонирующем шнурах, а также на проводах электродетонаторов запрещается.

Рыхление льда вблизи охраняемых сооружений мало отличается от взрывания льда при проводке судов.

В период ледохода взрывные работы ведут для дробления отдельных крупных льдин, приближающихся к охраняемым сооружениям.

На производство ледокольных работ составляют проект, который включает карту района с нанесением участков, подлежащих взрывному рыхлению, места хранения ВВ, а также типовые схемы расположения зарядов.

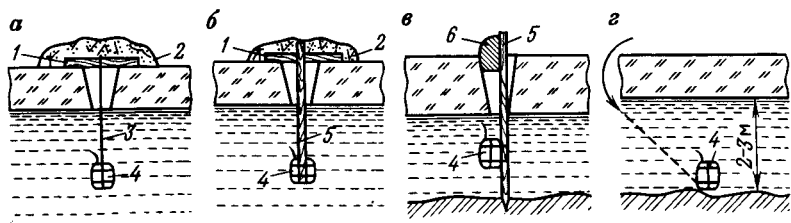


Рис. 10.4. Способы опускания зарядов на лед:

а — на поддерживающем шпегате с закреплением на перекладине; б, в — через лунку на шесте соответственно с перекладиной и без перекладины; г — на дно водоема через верхнюю кромку ледяного покрова; 1 — перекладина; 2 — лед из лунки; 3 — шпегат; 4 — заряд ВВ; 5 — шест; 6 — ледяная пробка

В проекте указывают:

1) массу накладного заряда для образования во льду лунки-проруби, через которую под лед опускают основные заряды;
2) глубину погружения заряда, равную (2,5—3,0) $h_{\text{л}}$ ($h_{\text{л}}$ — толщина льда);

3) расстояние между зарядами для образования полыней, равное (4—5) h_3 (h_3 — глубина заложения заряда) для дробления льда на озерах и излучинах, 10 h_3 при удалении от охраняемого объекта до 3 км и (12—15) h_3 при большем удалении;

4) массу отдельного заряда — по формуле для сосредоточенных зарядов. Удельный расход ВВ для образования полыней и разрушения озерного льда принимают равным 0,5 и 0,9 кг/м³ соответственно;

5) при взрывной отколке сооружений и судов глубину погружения заряда (м)

$$h_3 = \sqrt[3]{Q/q} . \quad (10.6)$$

Для ледоходных работ следует использовать водоустойчивые ВВ с плотностью более 1 г/см³, чтобы заряд погружался под лед.

Накладные заряды накрывают забойкой.

Масса зарядов для разрушения ледяного затора приведена ниже.

Глубина погружения заряда, м	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0	3,0—3,5	3,5—4,0
Масса, кг:						
при проходке каналов сериями зарядов	3	8	15	25	40	60
при взрывании одиночных зарядов	15	40	80	130	200	300

При ведении ледокольных взрывных работ необходимо руководствоваться Единными правилами безопасности при взрывных работах.

§ 6. ПОСАДКА НАСЫПЕЙ НА БОЛОТАХ. ВЗРЫВАНИЕ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Взрывной метод посадки дорожных насыпей на болото используют при строительстве железных и автомобильных дорог.

Применяют способ продольных и поперечных траншей с помощью скважинных зарядов.

Способ продольных траншей применяют при устройстве насыпи с помощью железнодорожного транспорта. При этом вначале взрывом сооружают осевую траншею, а после ее засыпки две боковые траншеи.

Ширина осевой траншеи (м) определяется по формуле

$$D_{oc} = 2h_3n, \quad (10.7)$$

где n — показатель действия взрыва.

Ширину боковой траншеи (м) рассчитывают по формуле

$$D_6 = 1,67h_3n. \quad (10.8)$$

При взрывных работах по посадке насыпей на болото следует применять водоустойчивые ВВ или ВВ в патронах, покрытых водоизолирующим составом, а также водоустойчивые средства взрывания.

Заряды, опускаемые в скважины, помещают в изолирующие гильзы.

При производстве строительных работ (проходка траншей, котлованов, канав и т. д.) в зимних условиях требуется рыхлить мерзлые грунты мощностью 1,5 м и более.

Взрывание мерзлых грунтов имеет свои особенности:

- 1) наличие мягкого подстилающего слоя;
- 2) отсутствие естественной трещиноватости;
- 3) необходимость немедленной уборки во избежание повторного смерзания.

Способ и метод взрывных работ при рыхлении мерзлых грунтов выбирают с учетом промерзания грунта, рельефа местности, качества взрыва и расстояния до охраняемых объектов. Используют методы шпуровой и скважинной отбойки.

Взрывание шпуровыми зарядами применяют при глубине промерзания до 1 м, скважинными — более 1 м.

Скважины и шпур бурят станками типа БТС-60, БТС-150, БТУ-60 и др.

Параметры взрывания рассчитывают в такой последовательности: составляют принципиальную схему размещения зарядов, определяют длину ЛСПП, глубину и диаметр шпуров, удельный расход ВВ, массу зарядов ВВ, расстояние между шпурами в ряду и между рядами.

Линию сопротивления по подошве и глубину скважины принимают

$$W = l = (0,7 - 0,9) H_{м.с}, \quad (10.9)$$

где l — глубина шпуров или скважин, м; $H_{м.с}$ — мощность мерзлого слоя, м.

Массу заряда ВВ рассчитывают по формуле

$$Q = qW^3, \quad (10.10)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³.

В табл. 10.1 приведена классификация мерзлых пород по взрываемости.

Таблица 10.1. Классификация мерзлых песчано-глинистых пород по взрываемости

Категория взрываемости, порода и вид	Температура, °С	Категория льдистости (содержание льда, %)	Показатель простреливаемости, дм ³ /кг	Рекомендуемый удельный расход ВВ при взрывании на рыхление, кг/м ³
I. Легковзрываемые				
СМП * и ММП ** растительного слоя песчаные и супесчаные со степенью водонасыщения выше 0,9 полной влагоемкости	≤ 0 и ниже	Сильно-льдистые (50)	14—35	0,4—0,6
II. Средневзрываемые				
СМП и ММП растительного слоя песчаные и супесчаные со степенью водонасыщения от 0,5 до 0,9 полной влагоемкости	≤ 0	Льдистые (25—50)	14—35	0,6—0,8
СМП и ММП моренные, обломочные, гравийные с песчаным и супесчаным заполнителями	≤ 0	То же	11—32	0,6—0,8
СМП и ММП глинистые и суглинистые, а также моренные, обломочные и гравийные с глинистым заполнителем	—5	—»—	23—55	0,6—0,8
III. Трудновзрываемые				
СМП и ММП глинистые и суглинистые, моренные, обломочные, гравийные с глинистым заполнителем	0—5	Слабо-льдистые (< 25)	35—70	0,8—1,1
* Сезонно-мерзлые породы. ** Многолетнемерзлые породы.				

Глава 11

ОХРАНА ТРУДА ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Под охраной труда понимают систему правовых, организационно-технических мероприятий и санитарных норм, обеспечивающих безопасные для жизни и здоровья трудящихся условия выполнения работ.

Правовые нормы включают в себя совокупность правил по-

ведения работающих в процессе труда; комплекс организационно-технических мероприятий (техника безопасности) направлен на предотвращение воздействий на работающих опасных производственных факторов; производственная санитария представляет собой санитарно-технические и гигиенические мероприятия, снижающие вредность производственной обстановки.

Задача техники безопасности — снижение опасности производственной среды, приводящей в определенных условиях к травмам или резкому ухудшению здоровья трудящихся. Задача производственной санитарии — уменьшение вредности производственной среды, вызывающей снижение их работоспособности или заболевание.

Среди производственных процессов разведки месторождений полезных ископаемых буровзрывные работы относят к процессам повышенной опасности и вредности, поэтому охрана труда при производстве этих работ приобретает исключительное значение.

Буровзрывные работы при проведении разведочных выработок должны осуществляться на основе проектной документации — паспорта буровзрывных работ. Эта документация составляется в полном соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах, утвержденных Госгортехнадзором СССР, и с учетом конкретной геологической обстановки и параметров проходимой горной выработки.

§ 2. ОХРАНА ТРУДА ПРИ БУРЕНИИ ШПУРОВ

В процессе бурения шпуров и скважин фактор вредности производственной среды, как правило, играет преобладающую роль, поэтому санитарно-технические мероприятия приобретают особое значение.

Основные компоненты производственной вредности при бурении — пылевыведение, шум и вибрация. Допустимые концентрации пыли в воздухе, а также интенсивность производственного шума и вибрации устанавливаются санитарными нормами в соответствующих ГОСТах.

При интенсивном поступлении минеральной пыли из буримых шпуров и скважин вредность производственной среды повышается, причем в наибольшей степени в процессе проведения подземных горных выработок. Длительное вдыхание пыли, находящейся в воздухе горной выработки, при неблагоприятных условиях может вызвать у бурильщика заболевание легких, печени, почек и других органов; чаще возникают легочные заболевания, получившие название пневмокониоза.

Из различных пневмокониозных заболеваний наиболее опасен силикоз, который возникает при вдыхании пыли кварца, гранита, песчаника, кварцитов и других пород, содержащих свободный

диоксид кремния SiO_2 . При этом наиболее токсична мелко-дисперсная пыль с размерами пылинок от 0,2 до 10 мкм.

Снижение интенсивности пылевыведения достигается промывкой или пылеотсосом.

В подавляющем большинстве случаев бурение осуществляется с промывкой водой, и хотя при этом количество выделяемой пыли резко сокращается, но масса мельчайших плохосмачиваемых пылинок поступает из бурильного шпура или скважины в воздушную среду выработки.

Повышение пылеподавляющих свойств бурового раствора достигается за счет добавления в воду поверхностно-активных веществ (ПАВ) — водорастворимых органических соединений, снижающих поверхностное натяжение капель воды, вследствие чего даже мельчайшие минеральные частицы интенсивно смачиваются жидкостью.

Защита органов дыхания бурильщика от витающей в воздухе пыли осуществляется также с помощью индивидуальных средств, к которым относятся фильтрующие респираторы. Глаза защищают от токсичной пыли защитными очками.

Производственный шум во многих случаях отрицательно воздействует на самочувствие и здоровье трудящихся; нервная энергия человеческого организма непродуктивно расходуется на борьбу с вредным воздействием производственного шума, что приводит к быстрой утомляемости и снижению производительности труда.

Распространенным заболеванием, вызываемым производственным шумом, является тугоухость — постепенно прогрессирующая болезнь, приводящая нередко к полной потере слуха. Производственный шум — причина и активизатор многих тяжелых заболеваний: сердечно-сосудистых, язвы желудка, истощения нервной системы и психических расстройств.

Вредное влияние звуковых колебаний в воздушной среде зависит от интенсивности шума (в дБ) и частотных характеристик. Минимальная интенсивность звука, воспринимаемая ухом, называется порогом слышимости, верхняя граница интенсивности, которую человек еще способен воспринимать, — порогом болевого ощущения. Пороги слышимости и болевого ощущения различны для разных частот (органы слуха человека наиболее чувствительны к частоте колебаний от 1000 до 3000 Гц). Бурение шпуров и скважин перфораторами или бурильными машинами вращательно-ударного действия сопровождается интенсивным шумообразованием, причем уровень шума в большинстве случаев превосходит допустимые пределы.

В подземных выработках шумовой эффект возрастает в связи с их небольшими размерами и за счет многократного отражения звуковых волн от поверхности породных массивов. Основные источники шума при эксплуатации этих машин — выхлопные

системы (примерно 47 % общего шума) и вибрирующий буровой инструмент (около 42 % генерируемого шума).

С увеличением давления сжатого воздуха, подводимого к бурильной машине, уровень шума от выхлопных систем и вибрации буровых штанг возрастает; с увеличением усилия подачи уровень шума выхлопной системы не меняется, а шум от вибрации штанг несколько снижается.

Снижение уровня шума выхлопных систем достигается при оборудовании перфораторов глушителями преимущественно в виде небольших резиновых камер и при использовании конструкций бурильных машин с бесклапанным воздухораспределением. Для снижения шума, возникающего при вибрации буровых штанг, их покрывают тонким слоем резины или снабжают резинометаллическими буртиками.

Бурильщики, работающие в неблагоприятных акустических условиях, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты — противοшумными тампонами, эластичными втулками или наушниками. Вибрация бурильных машин в процессе их эксплуатации также ухудшает условия труда в забое выработки. Источниками наиболее интенсивной вибрации являются перфораторы. Вибрация (дБ) нормируется по уровням колебательных скоростей при различных частотах колебаний. Уровни колебательной скорости работающих перфораторов превышают допустимые нормы на всех частотах колебаний.

При непосредственном контакте бурильщика с работающими перфораторами (ручное бурение или с помощью пневмоподдержек, переносными перфораторами, управление телескопными перфораторами) вибрация бурильной машины неблагоприятно сказывается на состоянии его здоровья.

Воздействие вибрации может вызывать утомляемость, поражение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, слухового, вестибулярного и опорно-двигательного аппаратов. Развитие вибрационной болезни зависит от продолжительности воздействия на организм вибрации и ее частоты.

К мерам защиты бурильщиков от вредного влияния вибрации относится запрещение ручного бурения шпуров переносными перфораторами без применения виброгасящих устройств. К проводимым санитарно-техническим мероприятиям в этом случае относятся оборудование перфораторов виброгасящими устройствами в местах контакта с бурами амортизаторов (демпферы) различных конструкций (в том числе упоминавшихся выше резинометаллических буртов на хвостовиках буровых штанг), использование различных поддерживающих устройств — пневмоподдержек, ограничивающих контакт бурильщика с перфоратором, или манипуляторов, исключающих его.

Фактор опасности производственной среды — следствие некоторых особенностей процесса бурения, которые могут быть

причиной производственных травм или резкого ухудшения здоровья бурильщика.

Потенциальную опасность производственной среды для бурильщика представляет наличие в забое так называемых шпуровых «стаканов», оставшихся от ранее проведенного взрывания комплекта зарядов. В таких «стаканах» могут сохраниться остатки невзорвавшихся ВВ и даже средств инициирования. Правилами безопасности при геологоразведочных работах категорически запрещается во всех случаях разбуривать шпуровые стаканы вне зависимости от наличия или отсутствия в них остатков ВВ во избежание возможности взрыва при разбуривании (в «стаканы» необходимо вставлять деревянные пробки).

С целью устранения выпадания из кровли выработки кусков породы (особенно вероятного при вибрации распорных коронок в процессе эксплуатации мощных перфораторов) призабойное пространство до начала бурения шпуров должно быть тщательно осмотрено и приведено в безопасное состояние.

Перед началом бурения проверяют исправность пусковой аппаратуры, воздушных шлангов, электрокабеля (при использовании электросверл), бурового инструмента (запрещено бурить шпуровые изогнутыми или имеющими трещины штангами), опробуют системы промывки и работу бурильной машины.

Бурение должно производиться в соответствии с паспортом буровзрывных работ с соблюдением соответствующих мер безопасности; после перфораторного бурения шпуров продувают сжатым воздухом с необходимой осторожностью, исключая травмирование вылетающим шламом.

§ 3. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

При взрывных работах фактор опасности производственной среды играет доминирующую роль.

Напомним еще раз, что все производственные операции этих работ должны осуществляться в полном соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах.

При производстве взрывных работ в геологоразведочных организациях вследствие нарушения правил безопасности, недисциплинированности исполнителей работ — проходчиков и взрывников, недостаточной квалификации рабочих и ИТР происходят несчастные случаи.

Несчастные случаи при производстве взрывных работ в подземных условиях отмечаются при бурении «в стакан» с остатками ВВ и при ликвидации отказов (полное или частичное отсутствие детонации заряда, его части или группы зарядов после посылки во взрывную сеть инициирующего импульса). На открытой поверхности несчастные случаи чаще наблюдаются при

нахождении людей в опасной зоне действия взрыва или при преждевременном подходе к месту взрыва.

Причины отказов и правила их ликвидации. Основная причина травматизма — нарушение технологии ведения взрывных работ. С целью безопасного ведения взрывных работ постоянно проводятся мероприятия по предупреждению, обнаружению и ликвидации невзорвавшихся (отказавших) зарядов в соответствии со специальной инструкцией.

По внешним признакам отказы разделяются на открытые, расположение которых хорошо обнаруживается при осмотре после взрыва, и скрытые, обнаружить которые по внешним признакам после взрыва невозможно.

Причины отказов при огневом и электроогневом способах взрывания следующие: недоброкачественность средств инициирования и в первую очередь ОШ, повреждение ОШ в результате подбоя зарядов, неблагоприятное воздействие на СИ внешних факторов (например, увлажнение), низкое качество изготовления зажигательных трубок, неполное зажигание огнепроводных шнуров в пучке, ошибки при проектировании, зарядании и монтаже.

Причины отказов при электровзрывании — дефекты электродетонаторов, проводов, неисправности приборов взрывания, недостаточная сила тока (импульс тока) в электрической сети, чрезмерно большой воспламенительный ток при взрывании от осветительно-силовых сетей, ошибки при проектировании, зарядании и монтаже электровзрывной сети, подбоя зарядов в результате неправильного подбора ЭД по сериям и сопротивлениям.

При взрывании с помощью ДШ причины отказов — низкое качество ДШ и других средств инициирования, повреждение сетей ДШ вследствие подбоя зарядов, неблагоприятное воздействие на СИ внешних факторов (вода, агрессивные среды, температура), ошибки при проектировании, зарядании и монтаже сети ДШ.

Предупреждение отказов при ведении взрывных работ зависит от выбора СИ с учетом степени обводненности, температуры и длительности зарядания. При выборе ВВ учитывают физико-механические свойства породы.

При электрическом способе взрывания на стадии проектирования нужно обращать внимание на выбор тока и проводов, схемы соединений электровзрывной сети, правильности расчета сети. Необходимо учитывать, что методы расчета электровзрывной сети зависят от схемы соединения и типа применяемых взрывных приборов. При использовании конденсаторных взрывных приборов можно проводить только проверочный расчет сети.

Если источником тока служит трехфазная сеть с механическими выключателями (рубильники, пакетные выключатели) и т. п.), то для обеспечения надежности взрывания расчет

рекомендуется вести на двухкратное значение гарантийного тока.

При взрывании с помощью детонирующего шнура важно выбрать тип ДШ с учетом условий ведения взрывных работ, а также обращать внимание на выбор схемы монтажа взрывной сети.

Если взрываются открытые шпуровые и скважинные заряды (глубина заложения не более 15 м), то допускается монтаж взрывной сети в одну нитку ДШ без дублирования. При длине магистрали более 100 м и общем расходе ДШ более 300 м взрывную сеть рекомендуется резервировать (дублировать).

Для уменьшения вероятности возникновения отказов нужно обязательно проводить испытание взрывчатых материалов.

Огнепроводный шнур разрешается зажигать отрезком такого же шнура или специальными средствами (электрозажигательными патронами, фитилем). Спичкой разрешается зажигать шнур только при взрывании одиночного заряда.

При электровзрывании концы соединяемых проводов тщательно зачищают, сrostки и соединения изолируют специальными контактными зажимами или обматывают изоляционной лентой. Забойку зарядов производят с большой осторожностью, при этом не допускается повреждение изоляции электрических проводов.

В обводненных скважинах нельзя допускать замokание неводоустойчивого ВВ.

При монтаже и прокладке сети ДШ не допускаются витки и скрутки на шнуре, петли, перегибы и острые углы, резко изменяющие направление детонационной волны.

Важный фактор повышения безопасности работ — своевременное обнаружение отказавших зарядов.

При обнаружении отказавшего заряда или подозрении на него любое лицо, обнаружившее отказ, обязано немедленно сообщить об этом представителю технического надзора и предупредить людей, работающих в районе отказа. В месте отказов запрещаются какие-либо работы, не связанные с их ликвидацией.

Если в отказавшем заряде имелись электродетонаторы, то при обнаружении их проводов они должны быть немедленно накоротко замкнуты. Руководитель взрывных работ несет ответственность за своевременную регистрацию и ликвидацию отказов. Работы по ликвидации отказавших зарядов ВВ запрещается производить при недостаточной освещенности и в темное время суток.

При ведении взрывных работ на горных предприятиях должны строго выполняться Единые правила безопасности при взрывных работах. Соблюдение требований этих правил обеспечивает безопасность ведения взрывных работ при проведении горно-разведочных выработок в подземных условиях.

На горных предприятиях на основе Единых правил безопасности при взрывных работах составляются должностные инструкции для взрывников с учетом специфических условий ведения взрывных работ. Кроме того, составляются инструкции по безопасному выполнению отдельных технологических процессов и операций, т. е. по разделке негабарита, обрушению заколов и т. д.

Правила работы с ВМ. Вследствие способности ВВ к взрыванию от внешнего воздействия при работе с ВМ необходимо соблюдать максимальную осторожность. Поэтому все применяемые ВВ в горной промышленности должны быть безопасными и удобными в обращении, обеспечивать безопасность работы при механизированной зарядке, обладать пониженной чувствительностью к ударам, трению и искрам. Они не должны взрываться произвольно и несвоевременно и в результате взрыва выделять вредные газы или давать вредные твердые осадки. Особенно осторожно нужно обращаться с порошкообразными нитроглицериновыми ВВ. Так, детониты обладают повышенной токсичностью и оказывают вредное физиологическое действие на защищенные кожные покровы.

Очень вредны пары нитроэфиров, которые проникают в организм человека через дыхательные пути. Все операции с детонитами, связанные с приготовлением патронов-боевиков, и разрезание их бумажной оболочки проводят в резиновых перчатках.

Большинство ВВ чувствительны к тепловому импульсу и могут загораться или взрываться от искр или пламени. При применении таких ВВ в радиусе до 100 м от них нельзя пользоваться открытым огнем, т. е. курить, разводить костры, производить сварочные работы. При работе с ВМ запрещается иметь при себе огнестрельное оружие, спички и зажигательные курительные принадлежности.

При производстве взрывных работ необходимо строго следить за состоянием ВМ. Категорически запрещается применять ВВ и СИ, не допущенные для данных условий.

Для обеспечения безопасности взрывные работы следует вести строго по паспорту буровзрывных работ.

На каждом горном предприятии должны быть разработаны конкретные мероприятия, обеспечивающие полную безопасность людей и предупреждение возможных повреждений зданий и сооружений в результате сейсмического воздействия взрыва. При расчете безопасных расстояний до охраняемых объектов следует руководствоваться приложением 9 к Единым правилам безопасности при взрывных работах (Инструкция по определению безопасных расстояний при взрывных работах и хранению взрывчатых материалов).

Раздел второй

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Курс «Проведение горно-разведочных выработок», которому посвящается второй раздел учебника, представляет собой специальную профилирующую дисциплину технической подготовки горного инженера специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка». Курс органически связан с целым комплексом специальных дисциплин учебного плана, к которым в первую очередь относятся «Методика поисков и разведки месторождений», «Буровзрывные работы», «Охрана труда» и «Охрана окружающей среды». В курсе изложена технология проведения различных горных выработок в процессе разведки месторождений.

Глава 12

ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общие понятия о горных выработках с разделением их на открытые и подземные, а также на разведочные и эксплуатационные даны в вводной части книги, так как они необходимы и для изучения первого раздела «Буровзрывные работы».

Переходя к разведочным горным выработкам, отметим, что они, помимо назначения, отличаются от эксплуатационных горных выработок, как правило, меньшими размерами и тем, что обычно сооружаются с расчетом на сравнительно короткие сроки использования. Однако в ряде случаев различия между разведочными и эксплуатационными выработками практически исчезают, например в экспедициях, ведущих одновременно разведку и разработку месторождений (или на горных предприятиях, использующих разведочные горные выработки в процессе эксплуатации месторождений).

Совмещение горно-разведочных работ с добычей полезных ископаемых получило наибольшее распространение на месторождениях кристаллосырья, разведкуемых экспедициями НПО «Кварцсамоцветы» Мингео СССР. Использование разведочных выработок на горных предприятиях при эксплуатации месторождений приобретает наибольшее значение при повышенных объемах горно-разведочных работ, предшествующих строительству

рудников и добыче полезных ископаемых; особенно эффективно оно при коротких интервалах времени между этими процессами.

Часть горной выработки, непосредственно прилегающую к забою, в которой размещаются рабочие и проходческое оборудование, называют призабойным пространством. Расстояние, на которое забой в процессе проходки выработки перемещается за определенный промежуток времени, называют подвиганием забоя, а интенсивность подвигания забоя — скоростью проведения выработки (часовой, сменной, суточной, месячной).

По окончании процесса проходки горной выработки перемещение забоя прекращается, и эту поверхность горных пород называют (соответственно с ее положением в пространстве) подшовой, боком или кровлей выработки.

Место примыкания подземной горной выработки к земной поверхности или к другой горной выработке, от которой она берет начало, называют устьем. Главная осевая линия горных выработок располагается в направлении их наибольшего линейного размера. В процессе проходческих работ забой и устье выработки расположены на противоположных концах осевой линии.

Горные выработки бывают различных форм и размеров, особенно большим разнообразием характеризуются подземные горные выработки. Открытые разведочные выработки проходят в основном в наносных отложениях, подземные — как в наносах, так и в коренных породах.

§ 2. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Открытые горные выработки широко используют при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

С целью образования искусственных обнажений, а также для взятия породных проб на стадии геологических и поисковых работ в наносах проходят небольшие ямообразные выработки — копуши. Глубина копуш, обычно не превышающая нескольких десятков сантиметров, меньше их длины или диаметра, и, следовательно, контур поперечного сечения (перпендикулярного к главной осевой линии выработки) не замкнут, т. е. копуши относятся к открытым горно-разведочным выработкам.

Из открытых горных выработок наиболее распространены в процессе разведки месторождений разведочные каналы (рис. 12.1, а) — горизонтальные или наклонные (на склоне горы) выработки, имеющие значительную длину при сравнительно небольших поперечных сечениях. Глубина разведочных каналов, определяемая мощностью покровных отложений, обычно меняется в пределах 1,5—3 м, достигая иногда 5 м и более. Длина каналов может быть различна, она меняется от десятков до сотен метров. Разведочные каналы проходятся на стадиях поисково-съемочных

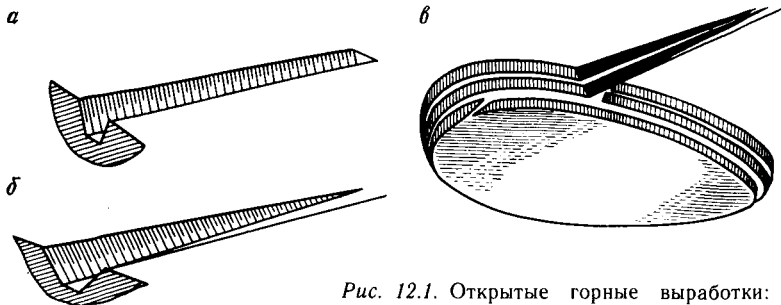


Рис. 12.1. Открытые горные выработки:
а — канава; б — наклонная траншея; в — карьер

работ, а также при предварительной и детальной разведке месторождений.

Канавообразные выработки при разведке месторождений проходят и для других целей, в частности, для дренажа или водоснабжения горных работ.

Разведочной траншеей называют горизонтальную или реже слабонаклонную горную выработку, проводимую при детальной разведке месторождений с целью отбора больших проб. По сравнению с разведочными канавами траншеи имеют значительно большие размеры. В отличие от разведочных канав траншеи проводят не только вкрест простирания, но и по простиранию залежей полезных ископаемых.

В процессе разведочно-эксплуатационных работ или разработки месторождений траншеи используют в качестве транспортных выработок, по которым перемещают различные грузы. Эти траншеи проводятся наклонными (рис. 12.1, б), площадь их поперечного сечения измеряется многими десятками и сотнями квадратных метров, а длина в некоторых случаях километрами.

Транспортные траншеи входят в комплекс открытых горных выработок, проводимых в процессе разработки месторождений полезных ископаемых и называемых карьером или разрезом (рис. 12.1, в).

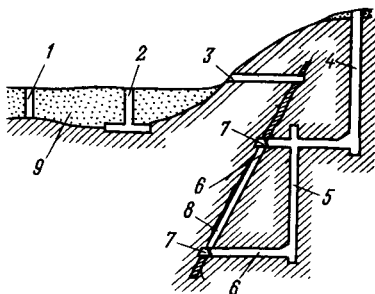
§ 3. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Подземные горные выработки (рис. 12.2), длина которых значительно больше размеров поперечного сечения, разделяют в зависимости от положения в пространстве главной оси на *вертикальные, горизонтальные* и *наклонные*. Это деление основывается на существенных различиях в технологии проходческих работ, зависящих от направления проведения горной выработки.

Помимо положения в пространстве главной оси, отличительная особенность выработок — расположение устья на земной поверхности (выработки, имеющие непосредственный выход на поверх-

Рис. 12.2. Подземные горные выработки:

1 — шурф; 2 — шурф с рассечками; 3 — штольня; 4 — ствол; 5 — слепой ствол; 6 — квершлаг; 7 — штреки; 8 — восстающий; 9 — наносы



ность) или в боковых стенках, подошве или кровле другой подземной выработки (выработки, не имеющие непосредственного выхода на земную поверхность, т. е. сообщающиеся с ней через другую или другие горные выработки). Кроме вертикальных, горизонтальных и наклонных горных выработок, выделяют камерные выработки. Характерная особенность камерной выработки — то, что разница между ее линейными размерами относительно невелика.

Горные выработки, предназначенные непосредственно для выемки полезного ископаемого в процессе разработки месторождений, называются очистными. Формы и размеры этих выработок разнообразны; одни из них при выемке полезного ископаемого приобретают конфигурацию разрабатываемой части месторождения, формы других зависят от принятого способа разработки.

Вертикальные горные выработки

К вертикальным выработкам относят шурфы и стволы шахт, проводимые как при разведке месторождений, так и при их разработке (см. рис. 12.2).

Шурфом называют вертикальную горную выработку, имеющую непосредственный выход на поверхность, небольшую площадь поперечного сечения и глубину. Шурфы предназначены для разведочных целей или обслуживания горных работ при подземной разработке месторождений.

Разведочные шурфы проходят на всех стадиях геолого-разведочных работ — при геологической съемке, поисках, предварительной, детальной и эксплуатационной разведке месторождений полезных ископаемых.

Обширная область применения разведочных шурфов обусловлена тем, что с помощью этих выработок при использовании сравнительно простых технических средств достигается вскрытие горных пород, залегающих на относительно больших глубинах. Глубина разведочных шурфов достигает 40 м, однако наиболее распространены мелкие шурфы.

Шурфы имеют прямоугольную или круглую форму поперечного

сечения. Площадь поперечного сечения шурфов зависит преимущественно от их глубины и редко превышает 4 м^2 .

Стволом шахты называют вертикальную (или наклонную) горную выработку, которая имеет непосредственный выход на поверхность и предназначена для обслуживания подземных горных работ, производимых при разведке или разработке месторождений полезных ископаемых.

Стволы разведочных шахт имеют обычно прямоугольную форму поперечного сечения с площадью от 4 до 20 м^2 ; в редких случаях их глубина превышает $300\text{—}500 \text{ м}$. Глубоким стволам придается преимущественно круглая форма поперечного сечения.

Проходка разведочных стволов, как и глубоких шурфов, может использоваться для составления геологической документации и опробования, однако основное ее назначение — вскрытие месторождения полезных ископаемых и возможность проведения на той или иной глубине других подземных горных выработок с целью его разведки. Если ствол не имеет непосредственного выхода на дневную поверхность, то его называют слепым. Устье слепого ствола располагается не на земной поверхности, а в подошве другой подземной горной выработки. При разведке месторождений полезных ископаемых слепые стволы применяются сравнительно редко.

Горизонтальные горные выработки

Термин «горизонтальные выработки» несколько условен, так как по существу почти все эти выработки проводятся с небольшим наклоном, обеспечивающим сток воды и облегчение перемещения грузов по направлению к устью. Горизонтальные выработки (см. рис. 12.2) широко распространены при геологоразведочных и эксплуатационных горных работах. В процессе изучения месторождений полезных ископаемых горизонтальные горные выработки наиболее часто применяют на стадиях детальной и эксплуатационной разведки. Форма поперечного сечения этих выработок преимущественно трапецевидная, прямоугольная или сводчатая. Площадь поперечных сечений разведочных выработок меняется от $1,8$ до 9 м^2 ; длина выработок может быть весьма различна — от нескольких метров до километров. К подземным горизонтальным выработкам относят штольни, квершлагги, штреки, рассечки и орты.

Штольня — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на дневную поверхность и предназначенная преимущественно для обслуживания горных работ при разведке или разработке месторождений полезных ископаемых.

Штольни могут проводиться при гористом или резко расчлененном рельефе местности, при этом устье выработки располагается на поверхности склона.

Квершлаг — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность, проводимая под некоторым углом к простиранию горных пород и предназначенная для обслуживания подземных разведочных или эксплуатационных горных работ. Устье квершлага располагается в боковой стенке другой подземной выработки.

Штрек — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность, проводимая в разведочных и эксплуатационных целях по простиранию наклонно залегающих месторождений или в любом направлении при горизонтальном их залегании. Штреки могут проводиться по полезному ископаемому или по вмещающим породам (последние называют полевыми).

Рассечка — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность и проводимая в целях разведки месторождения преимущественно вкрест простирания горных пород. Рассечки характеризуются относительно небольшими размерами и проходятся чаще всего из шурфов или штреков.

Орт — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность и проводимая в целях эксплуатации месторождения вкрест простирания мощных залежей полезных ископаемых. В некоторых случаях при разведке месторождений рассечки значительных размеров называют ортами.

Наклонные горные выработки

К наклонным выработкам относятся стволы шахт, у которых главная ось не вертикальна. Кроме того, среди наклонных выработок выделим восстающие. Восстающим называют наклонную (или реже вертикальную) горную выработку, характерная особенность которой — то, что она проводится в направлении снизу вверх. Восстающие проходят при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых; в некоторых случаях после окончания проходки они имеют непосредственный выход на земную поверхность. Устье восстающего располагается в боковой стенке или кровле горизонтальной подземной выработки.

При разработке месторождений, представленных наклонными залежами, проводятся и другие наклонные выработки — бремсберги, уклоны и скаты, которые предназначены для транспортировки полезного ископаемого между штреками (по уклонам осуществляется подъем, по бремсбергам — спуск, по скатам — самотечный спуск). При разведке месторождений эти выработки применяют очень редко.

Камерные выработки

Камерные выработки предназначены в основном для вспомогательных целей при разработке и разведке месторождений. В камерных выработках устанавливают энергетические и технологические (в частности, буровые станки) машины, хранят оборудование и материалы, размещают ремонтные мастерские и т. п. Совокупность камерных и транспортных выработок, расположенных около ствола шахты, называют околоствольным двором. Сопряжение ствола с горизонтальной выработкой выполняют в виде камеры, в которой осуществляют погрузочно-разгрузочные операции.

Глава 13

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ГОРНЫХ РАБОТ

Образование в земной коре горной выработки — следствие в первую очередь отбойки пород от массива и удаления горной массы из призабойного пространства или на земную поверхность. После или параллельно с выполнением этих процессов реализуют мероприятия по упрочнению (если это необходимо) или повышению устойчивости породных массивов, граничащих с выработкой, с целью обеспечения ее сохранности. Кроме того, в выработку необходимо подавать свежий воздух и удалять воду, поступающую из пород. С учетом изложенного к основным технологическим процессам проведения горных выработок относят разрушение горных пород, удаление горной массы из выработок, поддержание горных выработок, проветривание и водоотлив.

Помимо этого при проходке горных выработок осуществляют и так называемые вспомогательные операции, а также опробование и составление геологической документации.

В конкретных условиях проведения горных выработок тот или иной процесс приобретает определенное значение, при этом в некоторых случаях один из них становится наиболее важным, определяющим успех проходческих работ, в других — теряет свою роль, объединяется с другими или исключается из технологического процесса. Например, при проведении разведочных канав отбойка породы нередко совмещается с удалением ее из выработки, а проветривание и водоотлив часто вообще не выполняются.

§ 1. РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Ранее отмечалось, что горные породы разрушают в процессе проведения выработки при отделении их от массива (отбойка, выемка).

Техника и технология взрывного разрушения горных пород изложены в первом разделе учебника; отметим универсальность этого способа, его большую эффективность и незаменимость при разрушении пород средней и выше средней крепости. Тщательность выполнения взрывной отбойки в проходческом забое должна обеспечивать проектные параметры проходимой горной выработки и наибольшую ненарушенность (естественная монолитность) горных массивов за пределами ее контура, а также оптимальный гранулометрический состав горной массы, при котором достигается максимальная эффективность ее удаления из выработки. При этом технология отбойки должна быть высокопроизводительной, экономичной и безопасной.

В процессе проведения горно-разведочных выработок в мягких, легко отделяемых от массива породах до настоящего времени в ряде случаев применяют ручную выемку. Это объясняется рядом объективных причин — незначительными объемами или разобщенностью горных работ, недостаточной энерговооруженностью разведочных и тем более поисковых партий.

Ручная выемка пород осуществляется преимущественно при проходке копуш, небольших разведочных канав и неглубоких шурфов, при этом основной инструмент проходчиков — штыковая лопата (отбойка сочетается с непосредственным выбросом горной массы из выработки или с погрузкой ее на транспортное оборудование).

При горнопроходческих работах иногда применяют ручную отбойку и более крепких пород. Эта отбойка используется главным образом для отделения от массива небольших количеств пород, например, при зачистке подошвы разведочной канавы или шурфа, пройденных до коренных пород, или при пересечении шурфом маломощных прослоек крепких пород, залегающих между рыхлыми или мягкими породными толщами. В таких случаях отбойку осуществляют с помощью кайла (при уплотненных мягких, ломких и хрупких породах), кирки с молотком, стального клина и тяжелого молотка или лома (при трещиноватых достаточно крепких породах).

Ручную отбойку производят и в качестве вспомогательной операции после выполнения в выработке буровзрывных работ — при так называемой разборке забоя или при скалывании выступающих породных массивов в выработке с целью придания ей необходимого контура поперечного сечения.

При проходке выработки в мерзлых породах для облегчения ручной отбойки или выемки разупрочняют породный массив, оттаивая его около поверхности забоя. Ручная выемка плотных пород и тем более отбойка пород повышенной крепости — весьма трудоемкий и малопроизводительный процесс, который при возможности следует механизировать.

Простейшее средство механизации отбойки пород — легкие по-

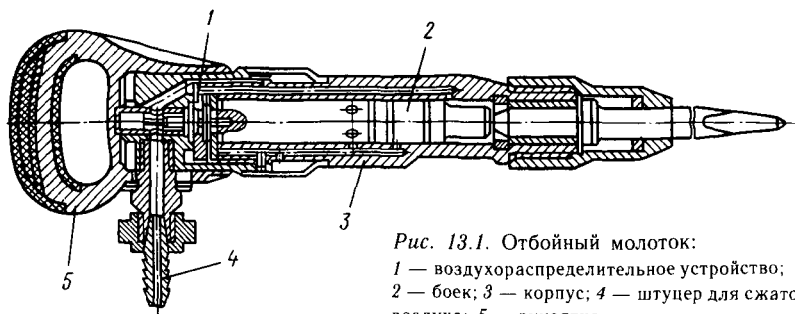


Рис. 13.1. Отбойный молоток:
1 — воздухораспределительное устройство;
2 — боек; 3 — корпус; 4 — штуцер для сжатого воздуха; 5 — рукоятка

родоразрушающие машины ударного действия, используемые в качестве ручного инструмента и называемые отбойными молотками. Отбойный молоток (рис. 13.1) представляет собой пневматическую машину, боек которой под действием сжатого воздуха наносит от 850 до 2000 ударов в минуту по породоразрушающему инструменту (пику). Под действием ударов пика внедряется в породный массив и разрушает его; использование отбойных молотков облегчает труд и повышает производительность работ. Для работы к молотку подводят по трубам и шлангу сжатый воздух под давлением 0,5 МПа.

Однако необходимость использования компрессорных установок для выработки сжатого воздуха во многих случаях ограничивает область применения отбойных молотков.

Машинная выемка пород средней и ниже средней крепости производится при горнопроходческих работах с использованием скреперов, бульдозеров, экскаваторов и шурфобуров (рис. 13.2).

При машинной выемке на исполнительные органы машин (зубья, режущие кромки, резцы) передаются нагрузки, под влиянием которых они внедряются в породный массив и за счет резания и скалывания отделяют разрушенную горную массу, последняя этим же органом машины удаляется из выработки.

На рис. 13.2, а представлена схема выемки породы при проведении разведочной канавы скреперной установкой. Установка состоит из двухбарабанной лебедки 1, стальных тросов 2, тяжелого металлического ковша — скрепера 3 и блока 4, укрепляемого на мачте. Один из тросов, пропущенный через блок, обеспечивает при наматывании на барабан лебедки перемещение скрепера вправо, в процессе которого осуществляется внедрение скрепера в породу, снятие ее верхнего слоя 6 и транспортировка горной массы из выработки в отвал 5. Второй канат при наматывании на другой барабан лебедки перемещает порожний скрепер в обратном направлении, после чего цикл повторяется.

Принцип работы бульдозера 7 (рис. 13,2, б) общеизвестен — в процессе проведения разведочной траншеи или канавы бульдозер отвалом (лемех) снимает стружку породы и транспорти-

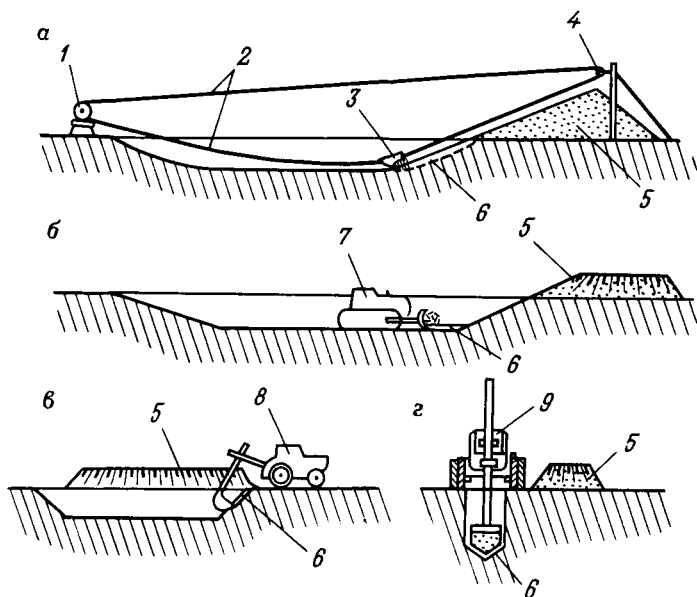


Рис. 13.2. Схемы машинной выемки породы скрепером (а), бульдозером (б), экскаватором (в) и буровой установкой (г):

1 — лебедка; 2 — трос; 3 — скрепер; 4 — направляющий блок; 5 — отвал; 6 — снимаемый слой; 7 — бульдозер; 8 — экскаватор; 9 — буровой станок

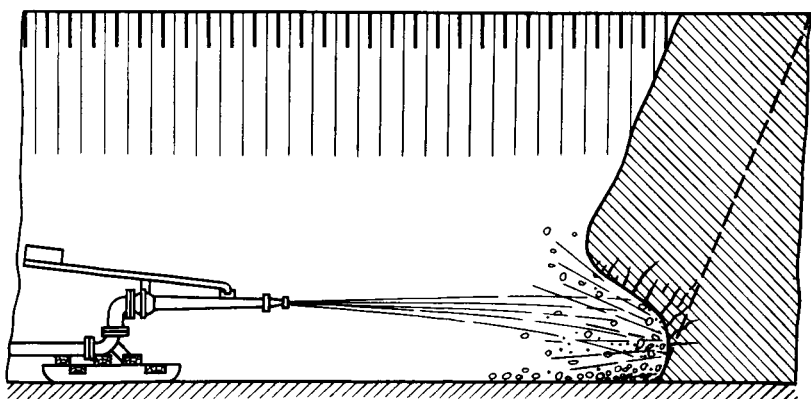


Рис. 13.3. Схема гидравлической отбойки

рует горную массу за пределы выработки в отвал. Аналогичную операцию (рис. 13.2, в) выполняет небольшой колесный экскаватор 8, ковш которого отделяет породу от массива и также доставляет ее на поверхность. На всех трех схемах представлены наиболее распространенные варианты машинной выемки пород при проведении открытых разведочных выработок. Область применения машинной выемки породы в процессе проходки подземных разведочных выработок до настоящего времени весьма ограничена. На рис. 13.2, г изображена схема машинной выемки породы при бурении шурфов; самоходная буровая установка 9, снабженная шурфобуром, обеспечивает механизированную проходку выработки с удалением горной массы в отвал, расположенный около устья шурфа.

Гидравлическая отбойка применяется для легкоразмываемых мягких, малосвязных осадочных пород и заключается в отделении от массива этих пород и дроблении высоконапорной струей воды, направляемой на забой. Основное оборудование при гидравлической отбойке — гидромонитор, формирующий и направляющий на породный массив плотную струю воды. Этот способ отбойки находит применение при проходке траншей в процессе разведки россыпных месторождений (рис. 13.3).

§ 2. УДАЛЕНИЕ ГОРНОЙ МАССЫ ИЗ ВЫРАБОТОК

Отделенную от массива породу удаляют различными способами, определяемыми типом проходимой выработки, ее параметрами и местоположением, а также в известной мере интенсивностью горных работ. При проведении открытых горных выработок горная масса удаляется простейшими способами — из неглубоких канав ее выбрасывают лопатами или подают на поверхность скреперами, бульдозерами и экскаваторами. При проведении подземных (особенно не имеющих непосредственного выхода на дневную поверхность) выработок процесс перемещения горной массы из проходческих забоев на дневную поверхность осложняется и становится многооперационным, включающим в себя погрузочные и транспортные работы.

Отделенную от массива горную массу можно грузить в транспортные сосуды вручную, с помощью люковых устройств и различных машин и установок. Ручная погрузка (подборочными лопатами) все еще достаточно широко применяется в забоях шурфов; при проведении горизонтальных выработок ее использование ограничивается преимущественно рассечками и штольнями небольшого сечения и длины. Процесс ручной погрузки трудоемок и малопроизводителен.

Погрузка горной массы через люк (рис. 13.4) весьма эффективна. Поступающая из расположенной выше выработки горная масса при открытии люкового затвора перемещается по наклон-

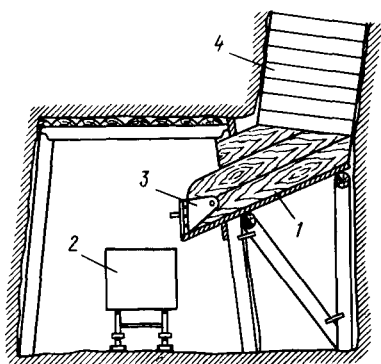
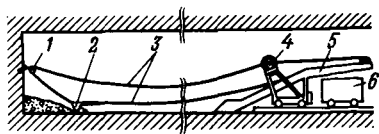


Рис. 13.4. Схема погрузки горной массы через люк:

1 — люк; 2 — транспортный сосуд; 3 — забор; 4 — восстающий

Рис. 13.5. Схема скреперной погрузки в горизонтальной горной выработке



ному днищу люка и попадает в транспортный сосуд. Люковую погрузку при горно-разведочных работах используют при проведении восстающего или при перепуске через него горной массы, поступающей из других выработок.

Машинная погрузка получила широкое распространение в проходческих забоях штолен, квершлагов, штреков и расщелин при достаточно больших поперечных размерах этих выработок; применяют ее и при проведении стволов шахт, слабо-наклонных восстающих, а также камерных выработок. В забоях горизонтальных выработок породу грузят скреперными установками или погрузочными (породопгрузочными) машинами.

Схема погрузки породы передвижной скреперной установкой в вагонетки 6 приведена на рис. 13.5. Проходческая скреперная установка состоит из электрической лебедки 4, скрепера 2, передвижного полка 5, канатов 3, из которых один называется головным, а другой хвостовым, и блока 1, через который пропущен хвостовой канат.

Для погрузки горной массы скреперный полук устанавливают в конце рельсового пути, располагающемся на расстоянии 10—15 м от забоя. Перед скреперованием в специально пробуренном неглубоком наклонном шпуре закрепляют клинообразный штырь, на который подвешивают блок скреперной установки.

На рис. 13.6 приведены две конструкции скреперов: ящичный скрепер применяют для погрузки некрепких или мелкодробленых пород, гребковый скрепер более пригоден для крупнокусковых пород (рабочую кромку гребковых скреперов часто оборудуют литыми зубьями).

При движении в направлении к полку, скользя по навалу горной массы, располагающейся около забоя, скрепер захватывает часть ее, перемещает по подошве призабойного пространства и далее по наклонной плоскости полка вплоть до разгрузочного отверстия, расположенного в его консольной части, под

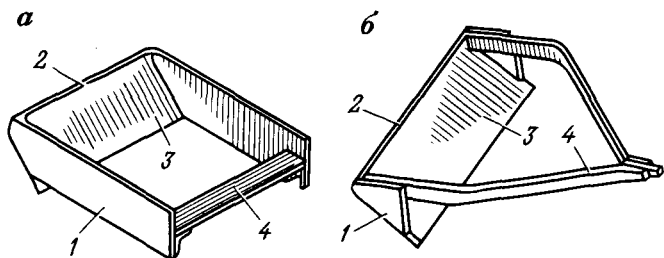


Рис. 13.6. Конструкции ящичного (а) и гребкового (б) скреперов:

1, 2 — боковая и задняя стенки соответственно; 3 — рабочая кромка; 4 — траверса

которой установлена вагонетка. Порожний скрепер хвостовым канатом возвращается к забою, и цикл повторяется.

Расстояние скреперования горной массы, определяемое длиной канатов, может быть значительным, поэтому скреперные полки передвигают не после каждого проходческого цикла, а при подвигании забоя выработки на 20—40 м, предварительно наращивая рельсовый путь. Следует учитывать, что при большой длине скреперования производительность скреперной установки снижается.

При проведении выработок небольшой длины, например расчечек из штрека, в месте пересечения этих выработок сооружают стационарный (обычно деревянный) полук.

По сравнению с использованием скреперных установок применение породопогрузочных машин обеспечивает более высокую производительность работ. Породопогрузочные машины, используемые в забоях горизонтальных выработок, имеют различные конструкции: они изготовляются самоходными на рельсовом или гусеничном ходу, с пневматическими или электрическими двигателями; выделяют две группы машин — периодического и непрерывного действия.

Рабочим органом погрузочных машин периодического действия является ковш, а погрузочных машин непрерывного действия — парные нагребавшие лапы, которые перемещаются на наклонной приемной плоскости, внедряемой в породный развал.

При проведении разведочных выработок наибольшее распространение получили породопогрузочные машины периодического действия на рельсовом ходу с пневматическим приводом. Основные части машин этого типа: поворотная платформа, смонтированная на колесной тележке, с размещенными на ней двигателями, пультом управления и рабочей площадкой; ковш с кулисным механизмом, обеспечивающим его подъем и перемещение над платформой к хвостовой части машины. Цикл погрузки осуществляется следующим образом: при движении машины

вперед опущенный ковш внедряется в развал горной массы, черпывает ее, поднимается с помощью кулисного механизма, перемещается над платформой и разгружается в прицепленную к ходовой тележке вагонетку.

Циклы повторяются до заполнения вагонетки, продолжают после смены ее на порожнюю и заканчиваются при погрузке всей горной массы в забое.

Эти породопогрузочные машины могут применяться и в забоях наклонных (до 15°) выработок.

Машинная погрузка породы в вертикальных горных выработках, проходимых в направлении сверху вниз, производится в неблагоприятных условиях, так как развал породы располагается непосредственно на забое и внедрение в него рабочих органов машины возможно только сверху, что требует повышенных затрат энергии.

Погрузка породы в этих условиях осуществляется наиболее эффективно подвешиваемыми в выработке грейферными погрузчиками, которые снабжены приводами для открытия и закрытия лопастей грейфера, для подъема его над забоем с целью выгрузки захваченной породы в транспортный сосуд.

Породу по горным выработкам транспортируют различными способами: сверху вниз по наклонным выработкам порода перемещается за счет гравитационных сил, по горизонтальным выработкам — в основном с использованием колесных транспортных средств, а снизу вверх по вертикальным (наклонным) выработкам — в подъемных сосудах. Все эти процессы объединяются общим термином — подземный транспорт. Перемещение горных пород по поверхности от устья шурфов, стволов шахт или штолен до породных отвалов или другого места назначения называют поверхностным транспортом.

Первоначальный этап транспортировки пород в проходческом забое горизонтальной или наклонной горной выработки, осуществляемой от места отбойки пород до размещенных за пределами призабойного пространства транспортных устройств, называют доставкой. Выделяют три вида доставки — ручную, самотечную и машинную. Ручная доставка, применяемая в основном при проведении рассечек небольшой длины, сводится к перелопачиванию, перекидке или редко перевозке в тачках горной массы. При самотечной доставке горная порода перемещается вниз под действием силы тяжести, в процессе горно-разведочных работ этот вид доставки применяют при проведении восстающих. Машинную доставку используют при проведении горизонтальных или слабонаклонных выработок; осуществляется она погрузочно-доставочными машинами, которые после загрузки ковша перемещаются по выработке на относительно небольшое расстояние и выгружают породу в заданном месте.

Основной способ транспортировки горной массы в горизонталь-

ных выработках (штольни, штреки, квершлаги и в меньшей степени рассечки) — перевозка ее в вагонетках, перемещаемых по рельсовым путям. Эту технологическую операцию называют откаткой горных пород. При значительных расстояниях перевозки породы пользуются электровозной откаткой, при перевозке на небольшие расстояния вагонетки откатывают вручную. При наличии штолен процесс перемещения породы в горных выработках завершается откаткой; к комплексу транспортных операций в горных выработках, не имеющих непосредственного выхода на дневную поверхность, а соединяющихся с ней посредством ствола шахты или шурфа, добавляется операция подъема. Подъем производится не только в процессе проходки этих выработок (стволы шахт или шурфы), но и в последующие периоды при выдаче на поверхность пород, поступающих из проходческих забоев других связанных с ними подземных выработок.

Породу поднимают с помощью различных подъемных установок канатного типа. Для подъема пород по стволам шахт оборудуются стационарные довольно сложные подъемные установки с электрическими приводами; в шурфах породу обычно поднимают временными или передвижными подъемными установками с электрическими, дизельными или бензиновыми приводами (при проходке неглубоких шурфов для подъема породы иногда используют ручные воротки).

По вертикальным выработкам породу поднимают в подъемных сосудах трех типов — в бадьях, клетях и скипах. Бадьи используют в основном при проходке шурфов и стволов шахт, а клетки и скипы — в процессе эксплуатации стволов в качестве транспортных выработок, причем подъем в скипах производится только при разработке месторождений.

Большинство транспортных машин и устройств используют в горных выработках не только для перемещения горной массы, но также для спуска, перевозки и подъема других грузов — материалов и оборудования и, кроме того, людей.

На поверхности горные породы перемещаются от устья выработок до отвалов обычно в вагонетках, бульдозерами или канатными скреперами.

§ 3. ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Горные породы, слагающие земную поверхность, находятся в напряженном состоянии вследствие воздействия веса вышележащих породных толщ и реакции нижележащих. В массиве земной коры силы, действующие на породу сверху, снизу и с боков, взаимно уравновешиваются, поэтому она находится в равновесно-напряженном состоянии (объемное сжатие) и сохраняет целостность. В результате проведения горной выработки такое состояние пород нарушается, в них возникают внутренние силы,

направленные к контуру выработки,— проявляется так называемое горное давление.

Результаты воздействия горного давления на выработку могут быть различны: они зависят от прочностных свойств пород, глубины заложения выработки (с увеличением глубины горное давление возрастает), ее размеров, формы и продолжительности периода использования. При определенном сочетании этих факторов горная выработка может сохраняться в неизменном состоянии длительное или непродолжительное время или деформироваться и разрушаться (см. классификацию устойчивости пород в § 2 гл. 1).

Чтобы предотвратить деформацию или разрушение горной выработки с целью обеспечения ее сохранности и безопасности работ, в одних случаях оказывается достаточным придать ей наиболее устойчивые формы поперечного сечения, в других — в окружающем массиве пород или непосредственно в выработке сооружают специальные строительные конструкции (крепь). Процесс возведения крепи называют креплением выработок. Конструкции крепи могут создаваться непосредственно в закрепляемой выработке или изготавливаются заранее на поверхности с последующей установкой в забое; в качестве материалов для сооружения крепи при горно-разведочных работах используют в основном древесину, реже металл, бетон и другие материалы.

Устойчивость пород и прочностные характеристики крепи по истечении продолжительного времени снижаются, это приводит к деформации выработки и нарушению конструкций крепи. Поэтому в пройденной горной выработке через некоторое время необходимо проводить восстановительные работы (заменять элементы крепи или заново перекреплять выработку). Этот процесс также относят к поддержанию горных выработок, его необходимо осуществлять не только в период проходческих работ, но и в последующее время с целью обеспечения сохранности разведочных выработок для возможности использования их горными предприятиями при разработке месторождений.

§ 4. ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

По своему составу воздух, заполняющий подземные горные выработки, отличается от атмосферного. В неглубоких шурфах и очень коротких штольнях эти отличия могут быть незначительными и проявляться только после проведения взрывной отбойки пород, во всех других случаях при проходке или при использовании подземных выработок отличия в составе заполняющего их воздуха от атмосферного весьма существенны. Используют термины «рудничный воздух» или «рудничная атмосфера», которые указывают на особенности воздушной среды горных

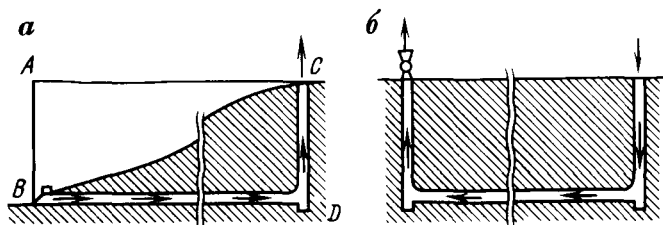


Рис. 13.7. Схемы сквозного проветривания горных выработок

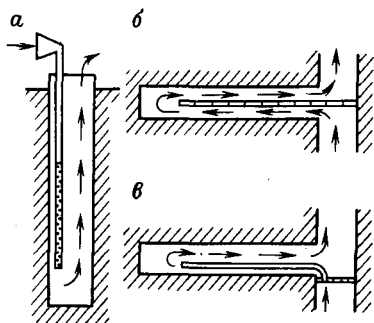


Рис. 13.8. Простейшие схемы проветривания шурфов и рассечек

выработок. Рудничный воздух характеризуется, как правило, более низким содержанием кислорода, обогащен другими газообразными компонентами, некоторые из них поступают в выработку из породных массивов, другие образуются при производстве взрывных пород, гниении деревянной крепи и прочих химических процессах. Кроме того, рудничный воздух имеет повышенное содержание минеральной пыли и обычно увлажнен; параметры рудничного воздуха и давление в достаточно глубоких горных выработках отличаются от атмосферного воздуха.

Пониженное содержание кислорода и присутствующие в рудничном воздухе газообразные примеси (некоторые из которых являются вредными, ядовитыми или взрывоопасными) ухудшают условия труда и повышают опасность горных работ, поэтому в подземные горные выработки необходимо подавать определенное количество свежего (атмосферного) воздуха для увеличения содержания в рудничном воздухе кислорода, снижения концентрации газообразных примесей и минеральной пыли до установленных норм.

На рис. 13.7 представлены схемы двух вариантов сквозного проветривания комплекса подземных выработок, соединяющегося с земной поверхностью не менее чем двумя выработками (шурфы, штольни или стволы). При проветривании естественной тяги (рис. 13.7, а) воздух перемещается по выработкам за счет гравитационных сил при наличии разности высотных отметок устьев двух выработок; отмеченные стрелками направление движения воздуха наблюдается в холодное время года, так как плотность,

а следовательно, и удельное давление столба холодного воздуха высотой AB будет больше, чем столба CD , нагретого в выработке воздуха. В теплое время года направление движения воздуха в выработках изменится на противоположное. Проветривание выработок естественной тягой хотя и достаточно экономично, однако зависит от температуры воздушной среды и не всегда эффективно. На рис. 13.7, б приведена схема перемещения воздуха за счет принудительной тяги, обеспечиваемой вентилятором. Проветривание комплекса подземных выработок сквозным воздушным потоком наиболее эффективно.

В условиях проходческих работ горная выработка не может проветриваться сквозным воздушным потоком, так как только один ее конец (устье) выходит на поверхность или в другую ранее пройденную выработку; такие выработки называют тупиковыми. Процесс проветривания тупиковых выработок осложнен — подача атмосферного (свежего, чистого) воздуха в такую выработку или удаление из нее загрязненного воздуха осуществляется, как правило, вентиляторами по трубам достаточно большого диаметра, проложенным в этих выработках.

Простейшие схемы проветривания шурфов и рассечек представлены на рис. 13.8. Неглубокие шурфы иногда проветривают за счет скоростного напора ветра (рис. 13.8, а); рассечки небольшой длины можно проветривать с помощью продольных перегородок струей воздуха, проходящего, например, по штреку (рис. 13.8, б) или вентиляционной трубе (рис. 13.8, в). Даже при большом количестве и протяженности подземных разведочных выработок, соединенных с дневной поверхностью одной вскрывающей выработкой, в большинстве случаев их проветривают с использованием вентиляционных труб и вентиляторов так называемого «местного проветривания». Однако проходка второй вскрывающей выработки (шурф, штольня, восстающий, ствол) или скважины большого диаметра может обеспечить эффективную вентиляцию всего комплекса подземных выработок сквозной воздушной струей. Интенсивное проветривание выработок — одно из главнейших условий, обеспечивающих высокую производительность и безопасность горных работ.

§ 5. ВОДООТЛИВ, ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

Водоотлив. Вода поступает в горные выработки из водоносных пород и с земной поверхности; для предотвращения или уменьшения поступления поверхностной воды в штольни и шахтные стволы необходимо располагать их устья на не затопляемых водой местах, около устьев этих выработок устраивают водоотводные каналы. Приток воды в горные выработки может быть

различным и зависит от климатических и гидрогеологических условий, а также параметров выработки.

Поступающая в горные выработки вода осложняет выполнение горных работ, ухудшает условия труда и снижает его производительность; мероприятия по удалению воды из горных выработок называют водоотливом. Средства водоотлива выбирают в зависимости от типа выработки и в соответствии с водопритокотом. Водоотлив приобретает наибольшее значение при производстве подземных горно-разведочных работ. Вода из горных выработок удаляется самотеком или, главным образом, с помощью насосов.

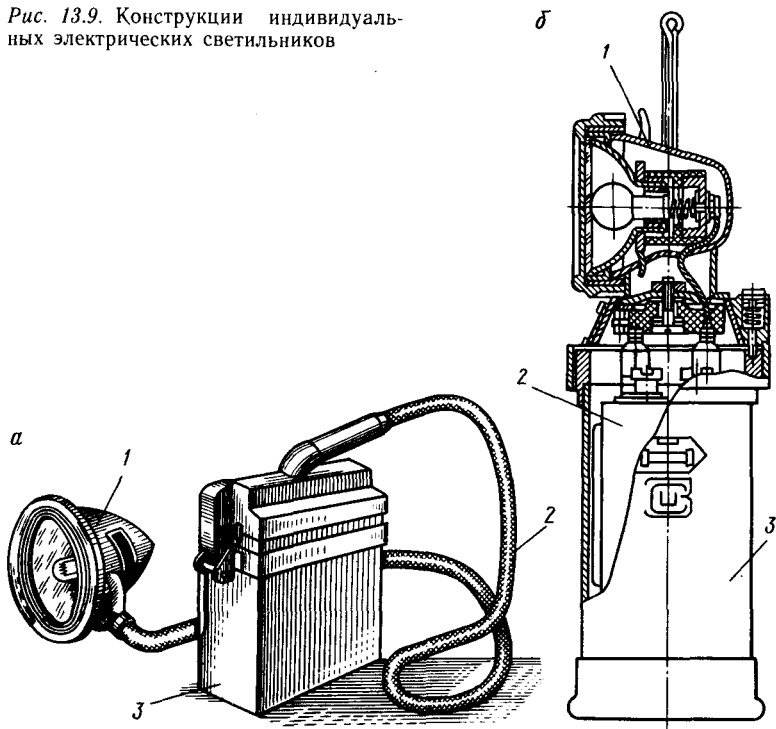
Самотеком вода удаляется из наклонных выработок, проходимых снизу вверх (восстающих), а также из горизонтальных выработок, подошве которых придается продольный уклон от 0,002 до 0,008 в сторону устья. При этом в подошве горизонтальной выработки устраивают водоотводные канавки. При вскрытии разведочного поля штольнями вся вода, поступившая в подземные выработки, уровень которых расположен выше высотной отметки устья штольни, удаляется на поверхность самотеком.

При значительных водопритоках в процессе проведения шурфов и стволов шахт вода удаляется из забоя выработки проходческими электрическими или пневматическими насосами по трубопроводам. Наибольшей подачей характеризуются стационарные насосные установки, которые размещают в подземных выработках, расположенных на разведочных горизонтах около стволов. Такие установки предназначены для откачки на поверхность по трубопроводам всей воды, поступающей из выработок горизонта.

Освещение. Безопасность, производительность и качество горных работ в значительной мере зависят от хорошего освещения горных выработок. Необходимо освещать проходческие забои и другие рабочие места, а также те части выработок, по которым транспортируют грузы и перемещаются люди. Наибольшая освещенность предусматривается в камерных выработках, в которых размещены работающие машины (в частности, буровые станки), а в призабойном пространстве при бурении шпуров, креплении, погрузке и выполнении других проходческих работ.

Выработки освещают электрическими светильниками стационарного типа, кроме того, горные машины (буровые каретки, скреперные установки, погрузочные машины и электровозы) снабжены фарами. Каждому направляющемуся в подземные выработки выдается индивидуальный (обычно электрический) светильник (рис. 13.9). Головной светильник (рис. 13.9, а) состоит из аккумулятора 3, подвешиваемого к поясному ремню, осветительной фары 1, прикрепляемой к шахтерской каске, и электропроводного кабеля 2. Ручной светильник (рис. 13.9. б), выполненный в виде переносной лампы, состоит из фары 1, смонтированной на цилиндрическом корпусе 3, в котором расположен аккумулятор 2.

Рис. 13.9. Конструкции индивидуальных электрических светильников



Вспомогательные операции включают монтаж и демонтаж оборудования и различных устройств, прокладку энергетических коммуникаций и линий связи, настилку и ремонт рельсовых путей в горизонтальных выработках и другие систематически проводимые в горных выработках работы. К последним с некоторой условностью относят составление геологической документации и опробование, а также маркшейдерские работы.

Организация работ. Совокупность основных технологических процессов, повторяющуюся при проведении горной выработки, называют проходческим циклом. В проходческих циклах четкая, хорошо продуманная организация работ очень важна; чередование во времени, последовательное или параллельное выполнение основных технологических процессов и их оптимальную продолжительность рассчитывают и фиксируют в специальных графиках цикличности. Соблюдение графика цикличности в процессе проходческих работ обеспечивает достижение высоких технико-экономических показателей, повышает безопасность и качество работ, а также улучшает использование оборудования.

Проведение горных выработок осуществляется, как правило, проходческими бригадами. Внедрение бригадного подряда в геоло-

горазведочных организациях показало его высокую эффективность. Бригадный подряд повышает ответственность за своевременное и качественное выполнение производственных заданий, при этом создается материальная заинтересованность в экономии трудовых затрат и материальных ценностей.

Цель бригадного подряда применительно к проведению горно-разведочных выработок — повышение производительности труда, сокращение сроков производства работ при снижении их себестоимости.

Объектом бригадного подряда является проходка в соответствии с проектом одной или нескольких горных выработок.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Условия работы в горной выработке отличаются от условий работы в заводских или сельскохозяйственных производствах. Специфика этих условий определяется рядом факторов: особенностями рабочего места, изменением качества рудничного воздуха и своеобразием технологических процессов горных работ. Рабочее место проходчика нестационарно, горная выработка в процессе проведения меняет свои размеры и формы, забой ее перемещается; возможности, средства и способы сооружения рабочего места специфичны. Вследствие проявления горного давления выработка может быть деформирована или даже разрушена. Изменение качества рудничного воздуха (снижение содержания кислорода и увеличение содержания азота, оксидов углерода и других газов, а также пыли характерны при проведении подземных выработок) и присутствие воды осложняют производственную обстановку. Своеобразие технологических процессов заключается, в частности, в применении взрывчатых веществ, эксплуатации перемещаемых машин в стесненных условиях и др.

Все это осложняет производственную обстановку и повышает значение охраны труда при проведении горных работ. Мероприятия по технике безопасности направлены на устранение причин промышленного травматизма, изучение применяемых и совершенствование технологических процессов, обеспечивающих безопасность работающих, механизацию тяжелых работ и возможную их автоматизацию. Мероприятия по производственной санитарии, предназначенные для предупреждения профзаболеваний, сводятся в основном к обеспечению нормативных биологических характеристик рудничного воздуха, удалению воды из выработок и надлежащему их освещению. Для горных предприятий периодически издаются правила безопасности, которые являются основным документом, регламентирующим производственные процессы горных работ для обеспечения безопасных условий труда.

ТЕХНОЛОГИЯ, МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОХОДКИ РАЗВЕДОЧНЫХ КАНАВ И ТРАНШЕЙ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ РАЗВЕДОЧНЫХ КАНАВ И ТРАНШЕЙ

Разведочными канавами вскрывают горные породы и тела полезных ископаемых, перекрытые слоем покровных отложений (наносов) относительно небольшой мощности. При мощности наносов более 5 м проходка разведочных канав производится редко; чаще всего канавы проходят на стадиях поисков и предварительной разведки месторождений. Для получения наиболее полной геологической информации осуществляются зарисовки стенок и почвы канавы, кроме того, отбирают образцы или пробы горных пород и полезных ископаемых. С целью достижения наибольшей достоверности фиксируемых геологических данных при проведении разведочных канав необходимо обеспечивать максимальную сохранность первоначальных структур и строения пород в стенках и подошве выработки, породы и полезные ископаемые не должны перемешиваться и загрязняться.

Чаще всего канавы проходят глубиной до 3 м, наибольшая глубина разведочных канав достигает 7 м. Основные формы поперечного сечения канав — прямоугольная, трапециевидная, ступенчатая (рис. 14.1). Выбор формы поперечного сечения канав зависит от их глубины, способа проходки и устойчивости пород. В достаточно устойчивых породах при небольшой глубине выработок (до 2 м), проходимых в основном ручным способом, им придают прямоугольную форму поперечного сечения; при машинной проходке канав прямоугольной формы поперечного сечения глубина закрепленной выработки может достигать 4 м. В процессе ручной проходки канав глубиной более 2,5 м им придают ступенчатую форму поперечного сечения, при этом в боковой стенке канавы формируют один или реже два уступа, необходимых для переброски породы из выработки. Борты уступов обычно вертикальны, хотя иногда для повышения устойчивости им придается наклон 70—80°. Ступенчатая форма поперечного сечения придается канаве в некоторых случаях и при машинной проходке, что обусловлено особенностями конструкции рабочего органа машины.

Канавы с трапециевидной формой поперечного сечения могут проходиться вручную и машинным способом. При ручной проходке канав глубиной 2 м эта форма обеспечивает повышенную устойчивость стенок выработки; при машинной проходке канавы различной глубины и трапециевидного профиля проводятся как в неустойчивых, так и в устойчивых породах, при этом наклонные стенки (борта) выработки формируются не только

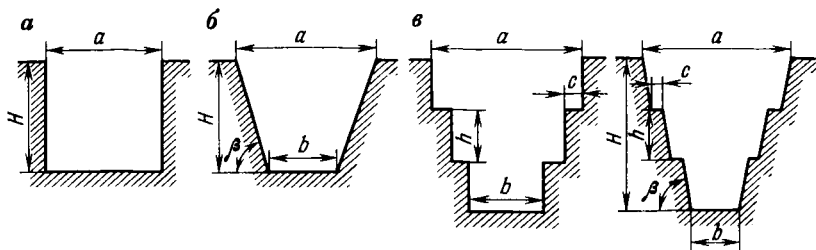


Рис. 14.1. Формы поперечного сечения разведочных канав:

a — прямоугольная; *б* — трапецевидная; *в* — ступенчатая; *H* — глубина канавы; *a*, *b* — ширина канавы соответственно в верхней и нижней частях; *c* — ширина бермы; *h* — высота уступа; β — угол откоса уступа

для придания им большей устойчивости, но и как более технологичные при машинной выемке породы.

Определение площади поперечного сечения канавы (м^2), необходимое в конечном счете для расчета объема выработки, а также затрат на ее проходку, может быть осуществлено по следующим выражениям:

для трапецевидной выработки

$$S = \frac{a+b}{2}H, \quad (14.1)$$

где *a* — ширина канавы на поверхности земли, м, $a = b + 2H \operatorname{ctg} \beta$; *b* — ширина подошвы канавы, $b_{\min} = 0,8$ м; *H* — глубина канавы, м; β — угол наклона борта, градус;

для ступенчатой выработки с вертикальными стенками (бортами) при одинаковой высоте уступов и ширине берм

$$S = H \left[2c \left(\frac{H}{h} - 1 \right) + b \right], \quad (14.2)$$

где *c* — ширина горизонтальной площадки (бермы) уступа, м, при ручном способе проходки $c = 0,5$ м; *h* — высота уступа, при ручном способе проходки $h = 2$ м;

для ступенчатой выработки с наклонными стенками при одинаковой высоте уступов, углах наклона и ширине берм

$$S = 2H \left[c \left(\frac{H}{h} - 1 \right) + H \operatorname{ctg} \beta + 0,5b \right]. \quad (14.3)$$

Длина канав, проводимых вкрест простирания горных пород, измеряется десятками или даже сотнями метров, при этом канавы длиной более 50 м называют магистральными. Магистральные канавы бывают непрерывные или прерывистые; прерывистые состоят из канав, расположенных по одной оси на определенных

промежутках одна от другой (длину «пунктиров» и «целиков» между ними принимают равной 5, 10, 20 м и более).

Наиболее часто разведочные траншеи проходят на россыпных месторождениях и месторождениях кристаллосырья. Параметры этих выработок значительно больше параметров разведочных канав. В практике разведки россыпных месторождений золота известны примеры проведения разведочных траншей глубиной более 20 м и шириной (по поверхности), превышающей 70 м. По аналогии с пунктирно-магистральными канавами при разведке обводненных россыпей проходят прерывистые траншеи, звенья которых называют котлованами (длина котлованов принимается в пределах от 10 до 20 м, расстояние между котлованами составляет 20—40 м). Разведочным траншеям придается обычно трапецевидная форма поперечного сечения с наклоном бортов, обеспечивающим их устойчивость. Глубоким траншеям придают ступенчатую форму поперечного сечения с наклонными бортами.

Величину угла β устанавливают в зависимости от устойчивости горных пород, чаще всего $\beta = 50 \div 60^\circ$, а в устойчивых крепких породах этот угол достигает 70° .

Ширина бермы уступа и высота уступа принимаются исходя из рабочих параметров проходческих машин. Минимальную ширину подошвы траншеи, проходимой землеройными машинами, которые размещают в выработке, выбирают с расчетом обеспечения возможности работы этих машин. При наиболее распространенной бульдозерной проходке траншей ширина подошвы должна быть не менее 1,5—2 ширины отвального щита бульдозера.

В процессе проектирования и проведения канав и траншей снижение размеров их поперечного сечения обеспечивает уменьшение объема проходческих работ, а следовательно, затрат труда, средств и времени. При проходке разведочных канав с трапецевидной формой поперечного сечения это снижение, в частности, достигается за счет увеличения угла наклона бортов β , допустимого при упрочнении пород крепью. При проведении разведочных траншей крепление их бортов не практикуется, однако площадь поперечного сечения этих выработок может быть уменьшена за счет рационального выбора проходческих машин.

§ 2. СПОСОБЫ ПРОВЕДЕНИЯ КАНАВ И ТРАНШЕЙ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

Способы проведения разведочных канав и траншей выбирают в зависимости от условий и масштабов проходческих работ.

К условиям производства работ относятся географическая обстановка, геологические особенности исследуемого объекта и стадия разведки. Из географических факторов определяющее значение имеет местоположение района производства работ — его удаленность от транспортных и энергетических коммуника-

ций, степень труднодоступности, топография местности, климат и биологическая ценность почвенного покрова.

Геологические особенности сводятся в основном к мощности покровных отложений и физическим характеристикам пород; стадии разведки определяют не только масштабы и интенсивность работ, но и механизацию проведения горных выработок и их параметры.

С учетом изложенного устанавливают целесообразность способа осуществления основного процесса проведения открытых разведочных выработок — выемки пород с использованием ручного труда, машин разной производительности или взрывчатых веществ.

В соответствии с этим выработки проходят следующими способами: вручную, землеройными машинами и с использованием взрывных работ.

Ручной способ проходки канав используют при небольших объемах работ, проводимых преимущественно на ранних стадиях поисков и разведки месторождений.

В машинном способе выделяют проходку канав прицепными плужными канавокопателями, канатными скреперами, бульдозерами и экскаваторами. Проходка неглубоких канав плужными канавокопателями находит применение на поисковой стадии работ при проведении геофизических исследований. Скреперная проходка имеет более широкую область применения, ее используют на стадиях предварительной и детальной разведки при относительно умеренных объемах горно-разведочных работ. Использование бульдозеров для проходки разведочных канав в большинстве случаев приводит к увеличению объема проходческих работ.

Бульдозеры применяют преимущественно на стадиях детальной разведки.

Наиболее производительная экскаваторная проходка канав становится целесообразной при значительных объемах работ, проводимых в процессе детальной и эксплуатационной разведки месторождений.

Проведение канав с применением взрывных работ осуществляется в двух вариантах: при первом энергия взрывов используется только для разупрочнения (разрыхления) достаточно крепких горных пород с целью интенсификации их машинной выемки; при втором, применяемом в исключительных условиях, энергия взрыва используется для разрушения и удаления пород из выработки (взрыв на выброс). Применение взрывного рыхления пород при проведении разведочных канав наиболее распространено при детальной и эксплуатационной разведке.

Проведение разведочных траншей характеризуется высокой степенью механизации работ; в проходческом процессе используют бульдозеры, экскаваторы и колесные скреперы; в отдель-

ных случаях проходческие работы производят с использованием средств гидромеханизации. Область применения этих работ — преимущественно доразведка и эксплуатационная разведка; в меньшей мере — детальная разведка россыпных месторождений.

Проектной документацией на производство проходческих работ является, как отмечалось, паспорт или проект, составляемые руководителями горных работ партии при участии геолога и утверждаемые главным инженером.

В этих документах содержатся основные сведения, необходимые для производства горнопроходческих работ. С изменением горно-геологических условий паспорта (проекты) корректируют или составляют заново. С паспортом (проектом) должны быть ознакомлены проходчики, взрывники и лица технического персонала ГРП.

Проходка горных выработок может осуществляться рабочими, объединенными в звенья. При значительных объемах проведения выработок создают проходческие бригады, работающие под наблюдением мастера.

При механизированной проходке канав и траншей в бригады помимо проходчиков включают слесарей, обеспечивающих техническое обслуживание и ремонт машин.

Перед производством взрывных работ в соответствии с паспортом (проектом) устанавливают местоположение взрывного пункта, размеры опасной зоны, обеспечивают средства сигнализации и выставляют посты оцепления.

§ 3. ПРОХОДКА РАЗВЕДОЧНЫХ КАНАВ

Ручная проходка

Несмотря на ограниченную и все сужающуюся область проведения разведочных канав ручным способом, он может оказаться приемлемым для производства небольших объемов канавных работ в удаленных, труднодоступных районах.

Работы начинают с разметки размеров канавы на поверхности, удаления растительного покрова и снятия плодородного почвенного слоя с участка, на котором будут располагаться канава и отвалы вынимаемой из забоя выработки породы.

Выемка породы осуществляется ручными инструментами. Для выбора этих инструментов используют представленную ниже классификацию категорий пород по способам выемки.

Классификация пород по способам выемки

Способы выемки для категорий пород по ЕНВ:

I Подборочными или штыковыми лопатами

II	Штыковыми лопатами с частичным предварительным рыхлением кирками
III	Штыковыми лопатами со сплошным рыхлением кирками и частично ломами
IV — V	Штыковыми лопатами со сплошным рыхлением кирками, ломами и частично клиньями и молотками

При проведении выработки в мерзлых породах их с целью облегчения и интенсификации работ оттаивают, разводя костры на трассе канавы.

Разрыхление и выемку породы осуществляют послойно (на глубину внедрения штыковой лопаты) или заходками глубиной до 1,5 м.

Выбрасываемую из канавы породу размещают на поверхности в отвалах удлиненной формы (называемых иногда ленточными), располагаемых с одной или двух сторон канавы на расстоянии не менее чем на 0,5 м от кромки ее бортов.

При проведении канавы глубиной более 2,5 м ей придают ступенчатую форму поперечного сечения, при выемке порода из забоя второй ступени выбрасывается на берму уступа, а с нее на поверхность (ширина бермы должны быть не менее 0,5 м). При углублении канавы до коренных пород верхний их слой вынимают на глубину 0,5—0,6 м (зачистка для отбора проб и составления геологической документации).

При недостаточной устойчивости пород, а также с целью сокращения площади поперечного сечения выработки за счет увеличения угла наклона бортов в трапециевидных канавах возводят деревянные укрепляющие конструкции — крепь.

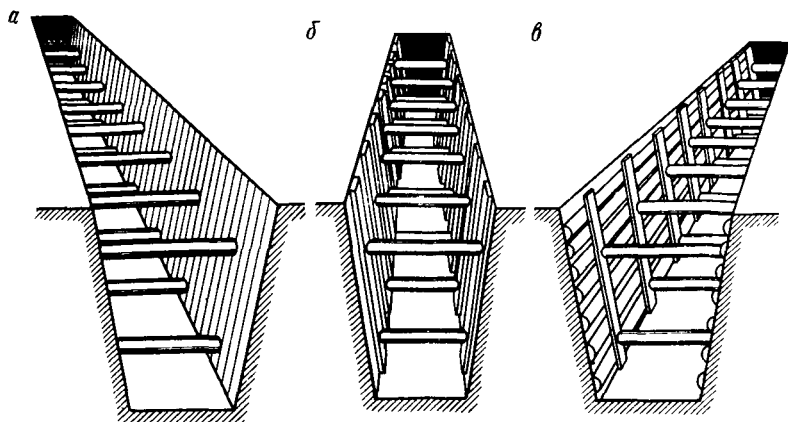


Рис. 14.2. Конструкции крепи разведочных канав

Простейшая крепь (рис. 14.2, а) представляет собой ряды распорок (диаметром от 10 до 15 см), установленных на разной высоте между бортами канавы. Такую крепь применяют в сравнительно крепких и устойчивых породах при необходимости сохранения канавы на более или менее длительное время. В менее устойчивых породах дополнительными элементами крепи являются опорные стойки (пластины или бруски), между которыми устанавливают распорки (рис. 14.2, б). При проведении канавы в неустойчивых породах между бортами выработки и стойками сооружают так называемую затяжку из досок или горбылей (рис. 14.2, в). Крепь устанавливают обычно на участке канавы, пройденном на всю глубину; после проходки очередного участка последний также закрепляют.

В канавах ступенчатой формы поперечного сечения возводят более сложные конструкции крепи, состоящие из связанных между собой четырехугольных бревенчатых рам. При проведении канав на склоне с углом откоса более 30° крепь борта выработки, расположенного к вершине склона, выводится над уровнем канавы не менее чем на 0,5 м.

После опробования и составления геологической документации канаву ликвидируют — засыпают породой из отвалов, а нарушенную поверхность перекрывают снятыми перед началом проходческих работ породами почвенно-растительного слоя.

Использование плужных канавокопателей

Этот способ применяют при поисковых работах для проведения неглубоких магистральных канав в наносных отложениях, не содержащих крупных галек и валунов. На рис. 14.3 представлена схема одной из конструкций плужного канавокопателя,

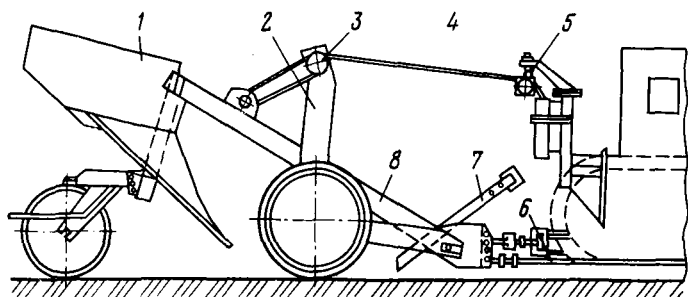


Рис. 14.3. Плужный канавокопатель:

1 — копающий орган; 2, 8 — ходовая и тяговая рамы соответственно; 3 — блок выглубления; 4, 6 — тросы выглубления и тяговый соответственно; 5 — флюгерный блок; 7 — средний нож

прицепляемого к гусеничному трактору. Работающий по принципу обычных плугов копающий орган при перемещении в породе образует канаву трапециевидной формы поперечного сечения и формирует рядом с ней породный отвал. Скорость проходки канав зависит от мощности агрегата (канавокопатель), крепости пород и длины разведочной линии.

Техническая характеристика плужных канавокопателей

Марка канавокопателя	КМ-1400М	АКА-2М	Д-636
Базовый трактор	T-100М	T-100М	T-100МБ
Размеры канавы, мм:			
глубина	800—1000	400—80	800—1000
ширина по дну	200	300	200
Габаритные размеры, мм:			
длина	6140	6200	8200
ширина	3160	3000	2800
высота	3290	2700	3000
Масса, т	4,49	3,25	4,54
Теоретическая производительность, м ³ /ч .	1600—1800	1000—1200	1600—1800

Плужные канавокопатели предназначены в основном для проведения канав при геофизических исследованиях в процессе поисковых работ, однако их также целесообразно использовать для проходки обычных разведочных канав небольшой глубины с целью получения дополнительной информации.

Использование канатных скреперов

Простота, портативность и невысокая стоимость используемого оборудования, большая по сравнению с ручной проходкой производительность работ и возможность проведения канав различной глубины обуславливают относительно широкую область применения скреперного способа проходки. Скреперную проходку канав применяют в породах до V категории по буримости (с предварительным рыхлением ее применяя и в более крепких породах). Вследствие отклонений от прямолинейного перемещения скрепер формирует выработку своеобразной конфигурации — в поперечном сечении она приближается к трапециевидной, в продольном характеризуется плавным уменьшением глубины канавы в ее концевых частях. С учетом последнего для обеспечения планируемой длины вскрытия коренных пород проектируют и проходят более длинные канавы.

В различных условиях поисковых и разведочных работ в качестве приводов для скреперных лебедок используют моторы гусеничных тракторов, небольшие бензиновые двигатели и электромоторы.

На рис. 14.4 представлена схема передвижной скреперной установки; скреперная лебедка, которая смонтирована на металлических санях, прикрепленных к трактору, и через карданный

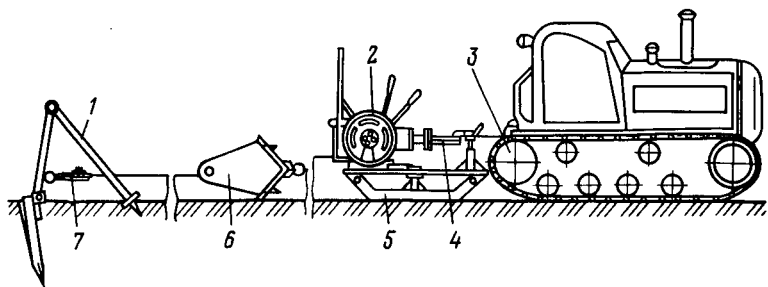


Рис. 14.4. Передвижная скреперная установка:

1 — упоры крепления блока; 2 — скреперная лебедка; 3 — трактор; 4 — карданный вал; 5 — салазки; 6 — скрепер; 7 — скреперный блок

вал и редуктор соединена с валом отбора мощности трактора. Вместимость барабанов скреперной лебедки при диаметре канатов 12,5 мм обеспечивает проходку канав длиной до 50 м. Вместимость скрепера составляет 0,3 м³, скорость движения рабочего и хвостового канатов 1,12 и 1,50 м/с соответственно (эти данные необходимы для определения производительности скреперной установки).

Для проведения канав в труднодоступных районах сконструирована разборная легкая скреперная установка МСУ-0,1, общий вид которой в рабочем состоянии изображен на рис. 14.5. Для транспортировки установка разбирается на отдельные узлы, общая масса комплекса составляет 642 кг. Скреперная лебедка оборудована бензиновым двигателем; вместимость скрепера 0,1 м³, скорость движения рабочего и хвостового канатов 1,0 и 1,2 м/с соответственно. Установка предназначена для проходки канав глубиной до 3 м и длиной до 30 м.

При большом объеме канавных работ, значительных пара-

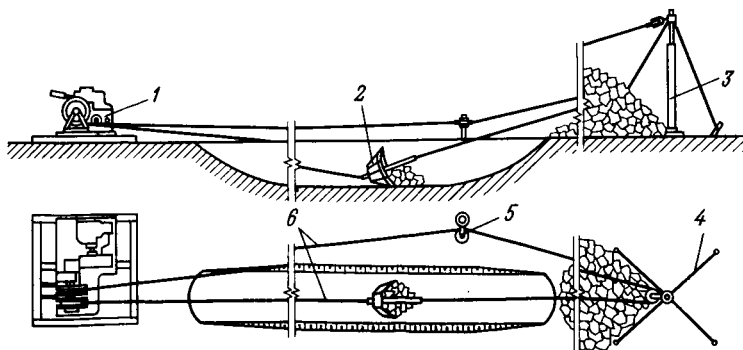


Рис. 14.5. Скреперная разборная установка МСУ-0,1:

1 — привод; 2 — скрепер; 3 — конечная опора; 4 — растяжки; 5 — отклоняющий блок; 6 — канаты

метрах выработок и наличии электрической энергии применяют более производительные скреперные установки с электрическими двигателями и скреперами повышенной вместимости.

Ориентировочная производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) скреперной проходки канав может быть рассчитана по следующей формуле:

$$A_c = \frac{3600 \cdot V_c K_n}{t_u \cdot K_p}, \quad (14.4)$$

где V_c — вместимость скрепера, м^3 ; K_n — коэффициент наполнения скрепера, $K_n = 0,5 \div 0,8$; t_u — время одного цикла скреперования, с; K_p — коэффициент разрыхления пород, $K_p = 1,2 \div 1,35$.

Время одного цикла скреперования определяется расстоянием и скоростью перемещения скрепера. Расстояние перемещения скрепера по мере углубления канавы и увеличения размеров образующегося породного отвала возрастает, однако эти изменения не столь значительны, и при усреднении с некоторым допущением можно приравнять расчетную длину перемещения скрепера к планируемой на поверхности длине канавы L , тогда

$$t_u \cong \frac{L}{v_p} + \frac{L}{v_x} + t_n, \quad (14.5)$$

где v_p и v_x — скорости движения рабочего и хвостового канатов соответственно, $\text{м}/\text{с}$; t_n — продолжительность паузы на изменение хода скрепера, с, $t_n = (5 \div 10)$, с.

Установлено, что наибольшая производительность скреперной проходки достигается при длине канавы 20—25 м. В практике скреперной проходки разведочных канав сменная производительность составляет при использовании установок МСУ-0,1 в среднем 10 м^3 , при скреперовании лебедками с приводом от трактора и с электрическим приводом 25—50 м^3 .

Цикл производственных операций проходки канав состоит из разметки и расчистки трассы (с удалением почвенного слоя), определения местоположения и установки скреперной лебедки и опоры крепления блока; скреперования породы, совмещаемого со складированием ее в отвал; в редких случаях — крепления канавы: расчистки подошвы выработки с последующими опробованием и составлением необходимой геологической документации. Скреперную лебедку монтируют на деревянных рамах, крепление рамы должно быть прочным, исключаяющим смещение лебедки во время скреперования. После составления геологической документации канаву ликвидируют также с использованием скреперной установки, причем скрепер перемещают с расчетом погрузки породы из отвала в канаву; засыпанную канаву перекрывают слоем плодородных пород, оборудование демонтируют и перевозят на следующий объект.

Использование бульдозеров и экскаваторов

Проведение канав с использованием бульдозеров значительно увеличивает объем проходческих работ. Это объясняется тем, что в процессе проходки бульдозер должен находиться и перемещаться непосредственно в выработке, снимая слой породы с ее подошвы. Ширина бульдозера, а тем более ширина его рабочего органа — отвального щита (или просто отвала) значительны, даже у небольших бульдозеров она превышает 2,5 м. При этом для производительной и безопасной работы в проводимой канаве глубиной более 2,5 м ширина ее подошвы должна быть не менее 1,5 ширины отвального щита бульдозера. Таким образом, выработки, пройденные бульдозерами (даже с укороченными отвалами), очень большой ширины и по своим параметрам могут быть отнесены скорее к разведочным траншеям, нежели к канавам. Однако в некоторых геологоразведочных партиях, оснащенных бульдозерами (необходимыми для различных вспомогательных работ), их используют и для проходки неглубоких канав.

При значительных объемах канавных работ, сконцентрированных на участках с относительно ровным рельефом местности, использование для проходки выработок небольших экскаваторов, смонтированных на базе колесных или гусеничных тракторов, высокоэффективно.

Канавы проводят преимущественно прямоугольной формы поперечного сечения, реже трапецевидной и ступенчатой формы; глубокие канавы в некоторых случаях крепят. Наиболее широкое применение при проведении канав получили одноковшовые канавокопатели — экскаваторы типа обратной лопасты с гидравлическим приводом рабочего органа, смонтированные на базе колесного трактора (рис. 14.6). Эти экскаваторы универсальны, за счет замены навесного оборудования они с успехом могут исполь-

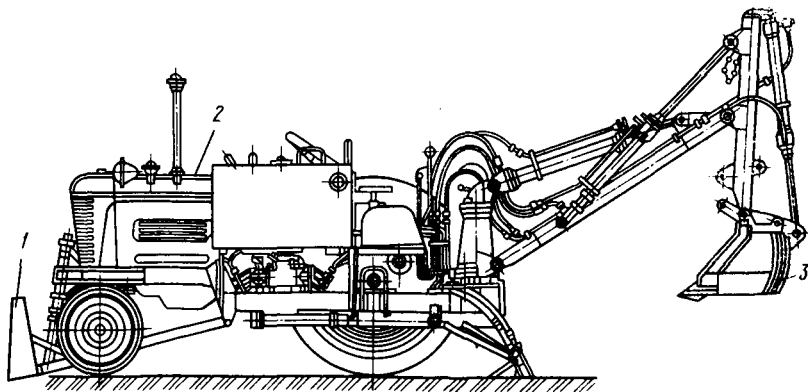


Рис. 14.6. Одноковшовый канавокопатель:

1 — лемех; 2 — трактор; 3 — ковш

Т а б л и ц а 14.1. Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов

Показатели	Марка экскаватора						
	с гидравлическим приводом рабочего органа				с механическим приводом рабочего органа		
	Э-153	Э-153А	Э-153АШ	Э-1514	Э-157	Э-202БС	Э-303а
Вместимость ковша, м ³	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,4	0,4
Ходовая часть	Колесная				Гусе- ничная	Колес- ная	Гусе- ничная
Мощность двигателя, кВт	27,2	33,1	35,3	35,3	14,7	35,3	35,3
Максимальная глубина копания, м	2,2	2,2	2,2	2,2	3,3	4,0	4,4

зоваться в геологоразведочных партиях не только для проходки канав, но и на других работах; в передней части экскаватора смонтирован отвальный щит, позволяющий использовать эту машину в качестве бульдозера. Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов-канавокопателей приведена в табл. 14.1.

Производительность экскаватора при проходке канав (м³/ч) рассчитывают по следующей формуле:

$$A_э = 60nV_эK_nK_в/K_p, \quad (14.6)$$

где n — число циклов черпания в минуту, $n = 2 \div 3$; $V_э$ — вместимость ковша экскаватора, м³; $K_n = 0,5 \div 0,9$; $K_в$ — коэффициент использования экскаватора во времени (при определении сменной производительности $K_в$ принимают равным 0,5—0,75); $K_p = 1,2 \div 1,35$.

В некоторых случаях разведочные каналы проходят экскаваторами непрерывного действия: цепными или роторными. Это высокопроизводительные канавокопатели; рабочий орган цепных экскаваторов — непрерывно движущаяся цепь с укрепленными на ней ковшами (черпаки); у роторных канавокопателей — вращающийся ротор с ковшами.

Канаву проходят при движении трактора вдоль ее запроектированной оси; цепные экскаваторы обеспечивают проходку канав глубиной до 3,5 м, роторные — до 2 м. Ограниченное применение этих канавокопателей объясняется тем, что они являются машинами одноцелевого назначения, непригодными для использования на других работах без существенной реконструкции, а также относительно небольшой глубиной проводимых канав.

Одноковшовые экскаваторы могут применяться для засыпки канав при их ликвидации, цепные и роторные для выполнения этой операции непригодны.

Использование взрывчатых веществ

Взрывчатые вещества применяют в процессе проходки канав для разрыхления горных пород или для разрушения и удаления пород из выработки.

В соответствии с принятой технологией проведения разведочных канав машинные (как, впрочем, и ручной) способы отбойки применимы только к породам ниже средней крепости (до V категории по буримости), поэтому при более крепких породах использование ВВ становится характерной особенностью проходческого процесса (предварительное взрывное рыхление плотных пород III и IV категорий по буримости повышает производительность проходческих работ). Взрывное разрыхление пород сочетают с машинной (скреперы, бульдозеры, экскаваторы) и ручной выемкой и удалением этих пород из проходимой выработки.

С учетом знаний, полученных студентами при изучении курса «Буровзрывные работы», ограничимся краткими сведениями, отражающими специфику взрывного рыхления пород при проходке канав.

Породы рыхлят при одной (верхней) обнаженной поверхности массива, как правило, зарядами ВВ, размещаемыми в наклонных шпурах или неглубоких скважинах. Шпуры бурят электро-сверлами, пневмо- и мотоперфораторами, мотобурами (последние используются для бурения шнеками небольших скважин в породах до V категории буримости). В рыхлых, малосвязных и мягких породах в отдельных случаях допускается ручное бурение шнековыми бурами.

В зависимости от размеров поперечного сечения канавы и крепости пород шпуры располагают в один ряд по оси канавы или в два ряда, параллельных оси (рис. 14.7).

Рыхление породы обеспечивается при взрывах зарядов уменьшенного или нормального выброса (см. гл. 7 первого раздела), для которых показатель действия взрыва принимают равным 0,7—0,8. Параметры с достаточной для практических целей точностью рассчитывают по следующей упрощенной методике.

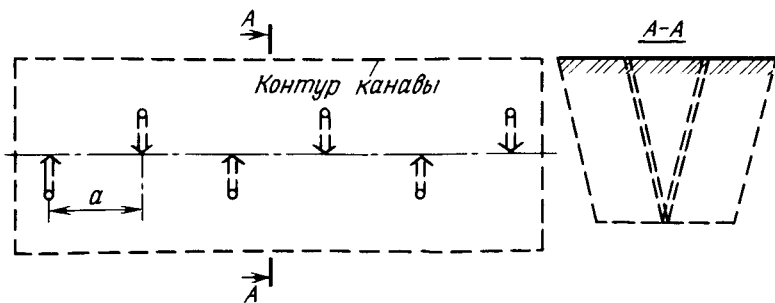


Рис. 14.7. Двухрядное расположение шпуров при проходке канав:

a — расстояние между шпурами

Массу взрывчатого вещества Q (кг), подлежащего одновременному взрыванию на определенном участке проходимой канавы, рассчитывают исходя из объема разрыхляемой породы V и удельного расхода $ВВ$ q по выражению

$$Q = Vq, \quad (14.7)$$

где $V = LS$, м³; L и S — соответственно длина участка (м) и площадь поперечного сечения (м²) проектируемой канавы (или разрыхляемого слоя пород).

Удельный расход $ВВ$ на рыхление приведен ниже.

Удельный расход $ВВ$ (аммонита № 6ЖВ *) на рыхление пород, кг/м³

Суглинок тяжелый	0,33—0,40
Глины крепкие	0,35—0,45
Лёсс	0,30—0,45
Гипс, мергель	0,35—0,45
Известняк-ракушечник	0,50—0,60
Туфы трещиноватые	0,45—0,50
Конгломерат и брекчии на известняковой основе	0,40—0,50
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	0,40—0,50
Известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе, доломит	0,45—0,60
Известняк и песчаник крепкие	0,45—0,70
Гранит	0,50—0,70
Базальт, андезит	0,60—0,75
Кварцит	0,50—0,80

* Удельный расход других $ВВ$ определяют с учетом коэффициента их работоспособности e по отношению к аммониту № 6ЖВ, принятому в качестве эталона.

Выбранный удельный расход $ВВ$ уточняют в процессе проведения взрывных работ.

Количество шпуров, располагаемых на участке разрыхляемых пород, с некоторым приближением можно определить по формуле

$$n = Q / (0,78d^2l \varphi \rho), \quad (14.8)$$

где d — диаметр шпура, м; l — длина шпура, принимаемая равной 1,1—1,2 глубины канавы, или мощность разрыхляемого слоя пород при послойной проходке канавы, м; φ — коэффициент заполнения шпура, $\varphi = 0,5 \div 0,75$; ρ — плотность $ВВ$, кг/м³, для аммонита № 6ЖВ $\rho = 1000 \div 1200$ кг/м³.

В пределах проектируемого контура канавы шпуры располагают в ряду примерно на равных расстояниях друг от друга.

Глубину шпуров устанавливают в зависимости от глубины канавы, но, как правило, не более 1,2 м. При проведении глубоких канав производят послойное рыхление пород; после взрывного рыхления и уборки пород первого слоя обуривают забой и рыхлят породы второго и последующих слоев, углубляя таким образом канаву. Заряды чаще всего взрывают огневым способом.

Использование ВВ для разрушения и удаления породы из выработки (взрыв на выброс) в процессе проведения разведочных канав практиковалось ранее в довольно больших масштабах. Этот способ хотя и характеризуется высокой производительностью работ (при относительно небольших затратах труда и времени выполняются значительные объемы канавных работ), однако ему присущи весьма существенные недостатки. К основным из этих недостатков относятся следующие: при большом объеме выработки, достигаемом главным образом за счет ее ширины (при глубине 1,5 м ширина канавы в верхней части превышает 6—7 м), количество получаемой геологической информации относительно невелико; значительно загрязнение и изменение при взрыве структуры пород подошвы и бортов канавы; большие нарушения земной поверхности не только вследствие увеличенной ширины выработки, но и некомпактности образующихся за ее бортами породных отвалов, причем разлет кусков достигает многих десятков метров.

С учетом изложенного проходка канав взрывом на выброс разрешается только в исключительных случаях — в труднодоступной (преимущественно гористой) местности, куда невозможно обеспечить доставку горных машин, и при биологически малоценном почвенном покрове.

Приведем краткие сведения о буровзрывных работах при способе проходки канав взрывом на выброс. Шпуры или неглубокие скважины бурят мотобурами, мотоперфораторами и вручную; шпуры располагают обычно вертикально, размещая их по оси выработки в один ряд; для увеличения вместимости шпуров их иногда простреливают, формируя полости для котловых зарядов. Разрушение породы и ее удаление из выработки достигается при взрывах зарядов усиленного выброса с показателем действия взрыва $n = 1,2 \div 2,5$. Расстояние между зарядами в ряду a (м) рассчитывают в зависимости от глубины их заложения h_3 :

$$a = h_3 n \quad \text{при } h_3 < 1,5 \text{ м;}$$

$$a = 0,5 h_3 (n + 1) \quad \text{при } h_3 \geq 1,5 \text{ м.}$$

В процессе опытных взрывов расстояние между зарядами уточняют. Массу заряда (кг) определяют по формуле

$$Q = q h_3^3 (0,4 + 0,6 n^3). \quad (14.9)$$

Удельный расход q приведен ниже.

Удельный расход ВВ (аммонит № 6ЖВ) для зарядов выброса, кг/м³

Песок сухой	1,50—1,70
Песок плотный, тяжелый	1,20—1,30
Глины крепкие, суглинок тяжелый	1,00—1,30

Лёсс	0,90—1,30
Гипс, опока, мергель	1,00—1,30
Известняк-ракушечник	1,50—1,75
Туфы трещиноватые	1,30—1,50
Конгломерат и брекчии на известняковой основе	1,15—1,40
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	1,15—1,40
Известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе, доломит	1,30—1,70
Крепкие известняки и песчаники	1,30—2,10
Гранит	1,50—2,15
Базальт, андезит	1,75—2,30
Кварцит	1,50—2,00

Заряды ВВ взрывают электрическим способом. После взрыва в образовавшейся выработке необходимо производить работы по ручной расчистке и выравниванию подошвы канавы в довольно значительных объемах.

Основная техническая документация на производство буровзрывных работ при проведении канав — паспорт БВР. В паспорте, представляющем собой технологическую карту, должны быть изложены характеристики выработки и пород, параметры, основные показатели буровзрывных работ и меры безопасности. В разделе «Меры безопасности» должны быть приведены сведения о месте расположения взрывного пункта, укрытия для рабочих и постов оцепления, о размерах опасной зоны, времени производства взрыва и сигналах. Паспорта БВР составляют на основании опытных данных, соответствующих расчетов и корректируют для каждого взрыва. Производство буровзрывных работ без утвержденного паспорта запрещается.

При проходке канав взрывом на выброс составляют не паспорт, а проект БВР.

По завершении опробования и составления геологической документации удастся осуществить только частичную засыпку канавы, пройденной взрывом на выброс; нарушенный участок земной поверхности подвергается интенсивной эрозии.

§ 4. ПРОВЕДЕНИЕ ТРАНШЕЙ

Использование землеройных машин

К землеройным машинам, применяемым при проведении разведочных траншей, относят бульдозеры, колесные скреперы и экскаваторы; соответственно способы проходки называют бульдозерный, скреперный и экскаваторный.

Проходка траншей бульдозерами наиболее широко распространена и используется при выемке пород до V категории по буримости, а при предварительном рыхлении и более крепких, в частности, мерзлых пород.

Бульдозеры монтируют на базе гусеничных тракторов, их рабочий орган — отвальный щит; отвальные щиты бывают непово-

ротными (установленными перпендикулярно к оси трактора) и универсальными (устанавливаемыми под разными углами к оси трактора и вертикальной плоскости); по способу управления отвальным щитом бульдозеры разделяют на канатные и гидравлические. Технические характеристики бульдозеров приведены ниже.

Технические характеристики бульдозеров

Марка	Д-444	Д-535	Д-453А	Д-492А
Тип щита и управления им	Неповоротный, гид-Универсальный, канат- равлическое ное			
Базовый трактор	ДТ-54А	ДТ-75	Т-100-МГП	Т-100М
Размеры отвального щита, м:				
ширина	2,56	3,10	3,94	3,94
высота	0,8	0,8	1,0	1,0
Габаритные размеры, мм:				
длина	4450	4630	5500	5500
ширина	2560	3100	3940	3940
высота	2300	2300	3059	3059
Масса, т:				
навесного оборудования	0,63	0,80	1,90	2,20
бульдозера	6,25	6,37	13,90	14,00

Технология выемки бульдозером заключается в срезании и перемещении породного слоя отвальным щитом на определенное расстояние (порода вынимается в пределах контура траншеи и транспортируется до отвала). Бульдозер используют и для предварительного удаления с нарушаемой поверхности плодородного почвенно-растительного слоя и складирования его в бурты — невысокие компактные почвенные отвалы, располагаемые за пределами контура траншеи и породных отвалов.

В процессе проведения траншеи выемку породы можно осуществлять при поперечных или продольных (по отношению к оси выработки) заездах бульдозеров.

Выемка поперечными заездами производится при проведении широких траншей с глубиной, не превышающей 1—1,5 м, причем увеличение объема выработки компенсируется сокращением транспортировки породы в отвал, располагаемый вдоль одного из бортов траншеи.

Более глубокие траншеи проходят продольными заездами при перемещении бульдозеров в направлении главной оси выработки. Породу транспортируют из проходимой траншеи на поверхность через выезды, устраиваемые в торцах или боковых стенках выработки, боковыми выездами пользуются при проходке траншей значительной длины — более 50 м (рис. 14.8).

Сравнительно редко для проходки разведочных траншей применяют колесные скреперы, представляющие собой землеройные машины, которые обеспечивают снятие слоя породы, транспортировку ее на значительные расстояния и разгрузку в отвал.

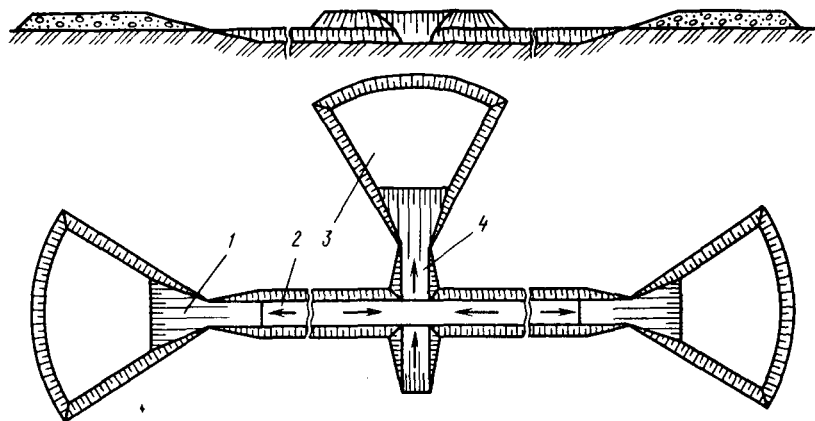


Рис. 14.8. Схемы длинных траншей с выездами:

1, 4 — торцевые и боковые выезды; 2 — траншеи; 3 — участковый отвал

Рабочий орган скрепера — ковш, который снабжен ножом (режущая передняя кромка днища). При движении скрепера вперед с опущенным ковшем верхний слой породы срезается и поступает в ковш; с помощью подъемного механизма заполненный породой ковш приподнимается над поверхностью и в таком положении транспортируется до места разгрузки.

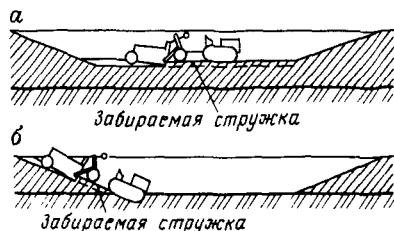
Колесные скреперы бывают прицепными и самоходными, технические характеристики некоторых из них приведены ниже.

Технические характеристики колесных скреперов

Марка	Д-458	Д-541	Д-569	Д-374А	Д-523	Д-213А
Тип	Прицепные			Самоходные		
Вместимость ковша, м ³	2,25	3,00	3,00	6,00	10,00	10,00
Ширина резания, мм	1900	1900	2100	2072	2642	2820
Наибольшая глубина резания, мм	150	150	200	320	300	320
Марка базового трактора или тягача	ДТ-54	ДТ-75	ДТ-75	Т-100М	Т-180	Т-180
Габаритные размеры скрепера, мм:						
длина	5600	5600	6740	8400	9055	9150
ширина	2430	2430	2460	2990	3208	3246
высота	240	2350	1975	3090	2670	3050
Масса скрепера, т	2,38	2,29	3,75	6,65	8,00	9,60

Способы проходки траншей с помощью колесных скреперов представлены на рис. 14.9. При проходке траншеи горизонтальными слоями выемка породы скрепером начинается по всей пло-

Рис. 14.9. Проходка траншей колесными скреперами горизонтальными (а) и наклонными (б) слоями



щади размеченного на поверхности контура выработки. При этом порода вынимается на горизонтальном участке траншеи и дно выработки является забоем. Проходка траншей наклонными слоями осуществляется при выемке породы на одном из торцевых участков траншеи. Этот способ преимущественно применяют для проходки траншей значительной длины.

В связи с тем что транспортировка пород колесным скрепером более экономична по сравнению с бульдозерной транспортировкой, траншеи проходят только продольными заездами и без боковых выездов. Вследствие этого породные отвалы располагают за пределами торцевых контуров траншей.

Экскаваторы используют для проходки траншей преимущественно в период эксплуатационной разведки. Помимо одноковшовых канавокопателей (применяемых для проведения неглубоких траншей) на этих работах используют и более мощные машины типа обратной и прямой механической лопаты, а также канатные экскаваторы на колесном или гусеничном ходу.

Экскаваторы типа обратной лопаты и канатные (драглайны) размещают в процессе проходки траншей на дневной поверхности, экскаватор типа прямой лопаты — непосредственно на подошве траншей.

Экскаваторная проходка траншей характеризуется высокой производительностью и при большом объеме работ наиболее предпочтительна.

Бульдозеры, колесные скреперы и экскаваторы используют и в процессе ликвидации траншей.

Использование взрывчатых веществ

При проведении траншей взрывчатые вещества используют только для разрыхления достаточно крепких пород с целью подготовки их для машинной выемки.

В процессе проведения неглубоких траншей взрывное рыхление осуществляют при одной обнаженной поверхности породного массива аналогично с рыхлением породы при проходке канав; заряды ВВ размещают в шпурах, которые располагают в зависимости от ширины траншей в нескольких рядах, параллельных оси выработки.

При проходке глубоких траншей взрывное рыхление пород обычно осуществляют при двух (верхней и боковой) обнаженных поверхностях. Боковая обнаженная поверхность породного массива, являющаяся забоем, располагается перпендикулярно к оси выработки. Скважины располагаются рядами параллельно кромке уступа. Заряды ВВ взрывают огнем или чаще электрическим способом.

Параметры буровзрывных работ определяют с учетом удельного расхода ВВ, массы одиночного заряда и линии наименьшего сопротивления.

Технической документацией на производство буровзрывных работ при проведении траншей является проект БВР, составляемый в виде расчетов, схем, пояснительной записки и освещающий более детально (по сравнению с паспортом БВР) технологию, организацию работ и мероприятия по технике безопасности.

Проект БВР составляют во всех случаях при взрывных работах, осуществляемых вблизи населенных пунктов, линий электропередач, газо- и нефтепроводов, транспортных магистралей, источников водоснабжения и т. п.

Использование средств гидромеханизации

При эксплуатационной разведке россыпных месторождений, предназначенных для разработки гидравлическим способом, разведочные траншеи в некоторых случаях проходят с использованием средств гидромеханизации. Возможность проходки траншеи с применением средств гидромеханизации определяется наличием источника водоснабжения и электросети, обеспечивающей проходческие работы дешевой электроэнергией, а также физическими свойствами пород. При наличии соответствующего (относительно простого и легкого) оборудования довольно эффективно осуществляются отделение породы от забоя (размыв), транспортировка ее из выработки и размещение в отвале. Интенсивность размыва песчаных и супесчаных пород возрастает с увеличением пористости, уменьшением крупности частиц и повышением влажности песка; в глинистых породах она зависит от их плотности и пластичности (плотные вязкие глины и сцементированный обломочный материал плохо поддаются гидравлической отбойке).

К подготовительным работам относятся устройство котлована для размещения в нем гидромонитора и землесоса и последующее превращение одного или двух противоположных бортов этой выработки в забои траншей (рис. 14.10).

Траншеи длиной менее 100 м или проводимые при наклонной поверхности плотика проходят в одну сторону от котлована по восстанию, более длинные траншеи при горизонтальной по-

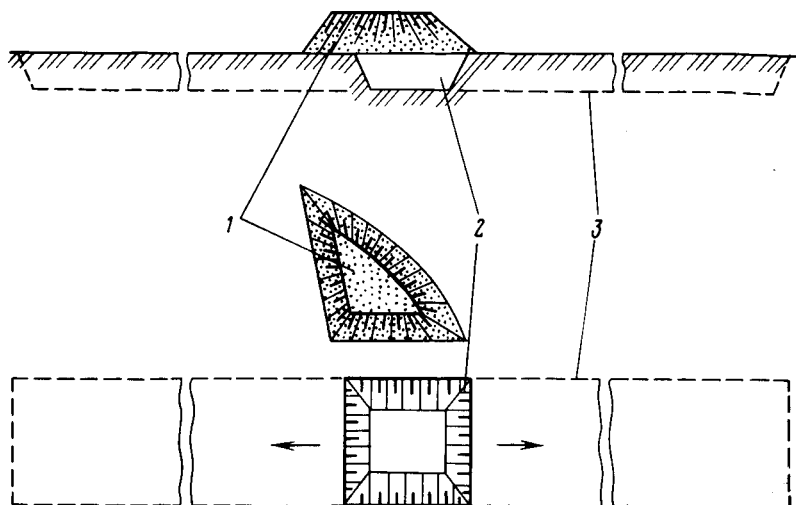


Рис. 14.10. Проходка траншей из котлована:

1 — породный отвал; 2 — котлован; 3 — контуры траншей

верхности плотика проходят обычно в две противоположные стороны от котлована. Проходка котлована осуществляется экскаватором; глубина его должна быть равна глубине траншеи, поперечные размеры определяют из расчета расположения в нем оборудования и безопасности работ. Наименьшее расстояние от гидромонитора до забоя определяется из выражения

$$l = a_n H, \quad (14.10)$$

где H — высота забоя, м, a_n — коэффициент, принимаемый в зависимости от угла наклона забоя размываемых пород, для песков

$a_n = 0,6 \div 0,8$, для глин $a_n = 0,8 \div 1,0$.

Забой разрушают (размывают) гидромонитором. Удельный расход воды в зависимости от свойств пород и высоты забоя составляет обычно от 4 до 10 м³ на 1 м³ породы в массиве. Размытая порода стекает или смывается в колодец (зумпф), из которого землесосом по трубам выдается на поверхность в отвал.

В тех случаях, когда разведочные траншеи проводят на земельных участках (полигонах), подлежащих в ближайшее время разработке, восстановительные работы на поверхности не производят, в других случаях восстановление нарушенной поверхности (чаще всего с помощью бульдозеров) обязательно.

Глава 15

ПРОВЕДЕНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ ШУРФОВ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ РАЗВЕДОЧНЫХ ШУРФОВ

Разведочными шурфами вскрывают горные породы и тела полезных ископаемых, перекрытые слоем покровных отложений мощностью 20 м и более. Наиболее часто шурфы проходят на стадиях предварительной и детальной разведки, что обеспечивает получение геологической информации о пересеченных выработкой породах и полезном ископаемом. В определенных условиях разведка месторождений с помощью шурфов обеспечивает установление запасов высоких категорий; к таким условиям относятся равнинный рельеф земной поверхности и неглубокое горизонтальное или пологое залегание небольшой мощности тел полезного ископаемого. Разведку шурфами с высокой степенью детальности применяют на россыпных месторождениях, пластообразных бокситовых, сульфидно- и силикатно-никелевых руд коры выветривания, железорудных месторождениях, генезис которых связан с выветриванием серпентинитов и заполнением карстовых впадин, а также на месторождениях огнеупорных глин, гравия и др. При большой мощности наносов с целью наиболее обстоятельного изучения структуры коренных пород или полезного ископаемого из шурфов проходят рассечки различной длины.

По глубине шурфы делят на мелкие — до 5 м, средние — от 5 до 10 м и глубокие — более 10 м; иногда глубина шурфов достигает 30—40 м (из этих выработок, как правило, проходят рассечки). С увеличением глубины шурфов процесс их проходки осложняется; возрастают затраты и усложняются операции подъема, вентиляции, водоотлива и крепления, с повышением крепости пород осложняется и операция отбойки. Поэтому при разведке месторождений полезных ископаемых чаще проходят шурфы глубиной до 10 м, хотя наибольший объем породы, вынимаемой на поверхность в процессе шурфопроходческих работ, в системе Мингео СССР все же приходится на шурфы глубиной более 10 м.

Шурфы проходят прямоугольной и реже круглой формы поперечного сечения; выбор формы поперечного сечения зависит в основном от способа проходки и конструкции крепи. Между площадью поперечного сечения, ее формой и глубиной шурфов, изменяемой в пределах от 5 до 20 м, в общем случае прослеживаются взаимосвязи:

для шурфов прямоугольного сечения $S_{\text{п}} = (0,2 \div 0,25) H_{\text{пр}}$,

для шурфов круглого сечения $S_{\text{к}} = (0,05 \div 0,1) H_{\text{пр}}$, где $S_{\text{п}}$ и $S_{\text{к}}$ — соответственно площади шурфов прямоугольного и круглого поперечных сечений, м², $H_{\text{пр}}$ — проектная глубина шурфов, м.

При этом наибольшие значения в расчетных формулах принимают для шурфов небольшой глубины.

При круглой форме площадь поперечного сечения шурфа меньше, чем при прямоугольной, так как она используется (вследствие отсутствия углов) наиболее полно и, кроме того, в связи с компактностью крепи, основные элементы которой при шурфах круглой формы изготавливают из более прочных, чем дерево, материалов (металла или пластмассы).

Шурфы круглого сечения могут быть не только цилиндрической, но и ступенчатой формы, причем выработка проходится участками с уменьшающимся диаметром. Ступенчатую форму придают шурфам для возможности установки в них специального вида крепи — каркасно-опускной. Зависимость между средней площадью поперечного сечения шурфа ступенчатой формы и его глубиной может быть определена по следующему выражению:

$$S_{\text{ср}} = (0,09 \div 0,20) H_{\text{пр}}. \quad (15.1)$$

Как правило, стенки проходимых шурфов закрепляют, что обеспечивает сохранность горной выработки и безопасность работы в ней (исключение — неглубокие цилиндрические шурфы, проходимые в относительно устойчивых породах главным образом в процессе поисковых работ, в которых крепь не устанавливают).

Крепь уменьшает площадь поперечного сечения шурфа, поэтому выделяют следующие понятия: площадь поперечного сечения выработки «вчерне» (без крепления) и площадь поперечного сечения «в свету» (закрепленная выработка). Кроме этого, с учетом, что при буровзрывной отбойке контуры выработки прорабатываются не очень точно, пользуются понятием площадь поперечного сечения «в проходке», которая больше сечения выработки «вчерне». Понятиями о площадях или размерах поперечного сечения «в свету», «вчерне» и «в проходке», пользуются не только для шурфов, их применяют и для других подземных горных выработок.

В зависимости от глубины и оборудования площади поперечного сечения в свету шурфов прямоугольной формы обычно принимают в пределах от 0,7 до 2,7 м²; в некоторых случаях площадь поперечного сечения глубоких шурфов с рассечками достигает 6 м².

Диаметр шурфов круглого сечения составляет 0,8—1,35 м, площадь их поперечного сечения в свету — от 0,4 до 1,4 м².

§ 2. СПОСОБЫ ПРОХОДКИ ШУРФОВ

По сравнению с разведочными канавами условия и способы проходки шурфов разнообразнее, на них оказывают большее влияние различие физических характеристик пересекаемых пород и параметры (особенно глубина) выработки, а также объемы, сте-

пень концентрации и сезонность работ, энерговооруженность и, наконец, стадия разведки месторождения.

С некоторой условностью разделим способы проведения шурфов на три группы: проходка шурфов с ручной отбойкой пород; проходка шурфов с использованием взрывчатых веществ и проходка шурфов с применением комплексной механизации работ. Основной технологический процесс, определяющий отнесение шурфопроходческих работ к той или иной группе,— отбойка пород вручную с использованием энергии взрыва зарядов ВВ или рабочими органами машин. При этом прочие технологические процессы могут быть идентичными или отличаться некоторыми характерными особенностями.

Полный комплекс проходческих процессов включает отделение породы от забоя (отбойка, выемка), погрузку и подъем горной массы на поверхность, крепление и проветривание выработки, водоотлив. При некоторых способах и в конкретных условиях проходки отдельные процессы могут исключаться из приведенного комплекса (в частности, погрузка, проветривание и водоотлив). Выбор способа проходки шурфов в основном определяют исходя из физических характеристик пород, масштабов и концентрации шурфопроходческих работ; второстепенные, не всегда определяющие факторы — удаленность и труднодоступность района разведки. Кроме того, на выбор способа проходки влияют наличие у геологоразведочной партии или экспедиции соответствующего проходческого оборудования и энергообеспеченность места производства работ.

Степень механизации шурфопроходческих работ, весьма незначительная на стадиях поисков и предварительной разведки, обычно возрастает на стадиях детальных и эксплуатационных разведочных работ.

§ 3. ПРОХОДКА ШУРФОВ С РУЧНОЙ ОТБОЙКОЙ ПОРОД

При проведении шурфов в мягких, малосвязных и сыпучих породах характерная особенность основной технологической операции отбойки — ее относительная простота и легкость выполнения. Как правило, такие породы отделяют от забоя шурфа вручную лопатами и кайлами. Отбойка породы совмещается с погрузкой ее в бадью, представляющую собой сосуд, сваренный из листового железа (имеющий форму опрокинутого усеченного конуса или бочки), с шарнирно прикрепленной к нему дужкой. Технические характеристики бадей, используемых при проходке шурфов, приведены ниже.

Вместимость бадьи, м ³	0,03	0,06	0,12
Грузоподъемность, кг	50	100	200
Наружный диаметр корпуса, мм	350	450	550
Масса, кг	30	45	60

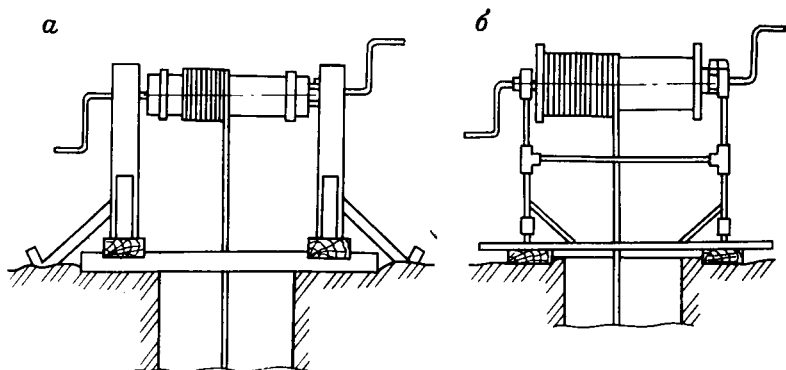


Рис. 15.1. Шурфопроходческие ручные воротки:

а — деревянный; б — металлический

С помощью специального прицепного устройства бадья подвешивается к подъемному канату.

Шурфы проходят преимущественно за короткие промежутки времени, поэтому подъемные установки должны быть портативными, удобными для монтажа, демонтажа и транспортировки.

При проходке неглубоких шурфов все еще сравнительно часто в качестве подъемных установок используют ручные деревянные или металлические воротки (рис. 15.1). Подъем породы на поверхность ручными воротками трудоемок и малопроизводителен (скорость подъема не превышает 0,2 м/с). Поэтому при проходке шурфов большой глубины, как правило, используются передвижными подъемными установками с механическим приводом, которые обычно изготавливают в мастерских геологоразведочных партий. Некоторые из них представлены на рис. 15.2. Изготовленная из труб и профильного железа подъемная установка (рис. 15.2, а) может служить прототипом передвижных подъемников (механические воротки): легкий копер 1 смонтирован вместе с электрической лебедкой 4 на полозьях 5; подъемный канат 3, прикрепленный к барабану лебедки, огибает шкив 2, к концу каната подвешивается бадья; к полозьям шарнирно крепится предохранительная ляда 6, перекрывающая устье шурфа.

На схеме 15.2, б изображена портативная подъемная установка ВМШ-1, предназначенная для проходки шурфов в труднодоступных районах. Разборный копер этой установки изготовлен из дюралюминиевых уголков; грузоподъемный механизм представлен ручной лебедкой, к которой при наличии электроэнергии может быть присоединен электропривод. Установка ПМШ-1 (рис. 15.2, в) предназначена для проходки шурфов средней глубины, а установку МГВ (рис. 15.2, г) используют при проведении глубоких шурфов. На передвижных подъемных установках

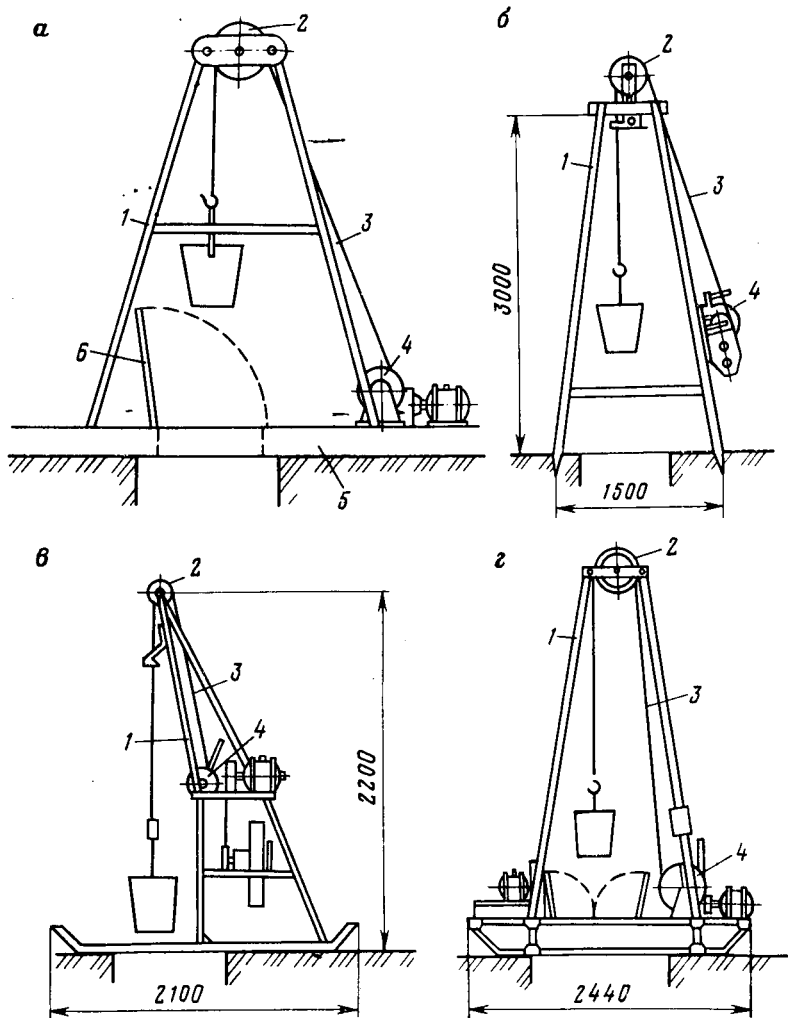


Рис. 15.2. Передвижные установки для проходки шурфов

часто монтируют и другое оборудование, необходимое для проходки шурфов (например, вентиляторы), тогда эти установки называют шурфопроходческими комплексами или агрегатами.

В качестве подъемных установок при проведении шурфов применяют и небольшие подъемные краны (рис. 15.3). Возможность поворота кранов вокруг вертикальной оси и достаточный вылет стрелы обеспечивают удобство разгрузки бадей в отвалы. Тех-

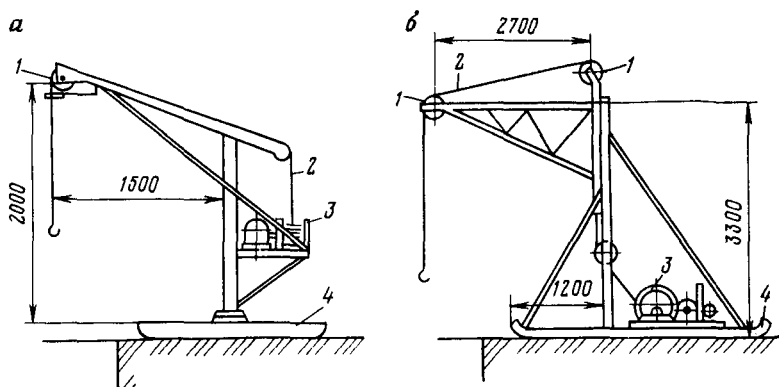


Рис. 15.3. Шурфопроходческие краны:

а — «Пионер»; б — КШ-1; 1 — шкив; 2 — подъемный канат; 3 — лебедка; 4 — полость

нические характеристики некоторых подъемных установок и кранов приведены ниже.

Типоразмер	ПМШ-1	КМШ-2М	МГВ	КШ-1М	КШ-2М
Грузоподъемность, кг	80	125	200	230	320
Скорость подъема, м/с	0,81	0,40	0,63	0,72	0,30—0,87
Канатоемкость барабана лебедки	35	25	40	35	45
Мощность двигателя, кВт	1,1	1,0	2,8	2,8	2,8
Масса, кг	184	136	380	1164	2500

Канаты подъемных установок, к которым подвешивают бадьи, должны обладать высокой прочностью, гибкостью и устойчивостью против осевого кручения, а также коррозионной стойкостью. Выполнение этих требований достигается в конструкциях канатов из тонких стальных проволок, свитых в пряди, которые в свою очередь свивают вокруг мягкого сердечника. Подъемные канаты работают не только на растяжение, но и на изгиб (чем меньше радиус изгиба, тем быстрее канат выходит из строя), поэтому шкивы и органы намотки у подъемных установок должны иметь достаточно большой диаметр.

При проходке глубоких шурфов в выработке подвешивают направляющие канаты, фиксирующие движение бадьи. По этим канатам, которые натянуты между шкивами подъемной установки и специальной натяжной рамой, размещаемой в выработке, во время движения бадьи с целью устранения ее раскачивания перемещается направляющая рамка (рис. 15.4). Параметры рамки A и H выбирают в соответствии с размерами выработки и бадьи. Направляющая рамка состоит из каркаса 1, защитного зонта 2, подшипников 3, скользящих по направляющим канатам, и втулок 4, через которые проходит подъемный канат.

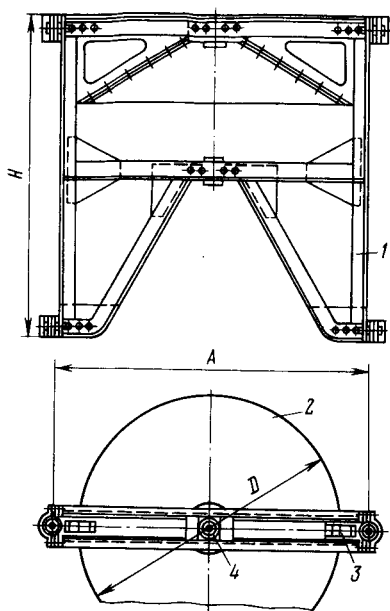


Рис. 15.4. Направляющая рамка

Для спуска и подъема людей в шурфах обычно используют канатные подвесные или деревянные лестницы; деревянные лестницы, как правило, устанавливают в шурфах большого сечения, из которых проводят расчески. При оборудовании глубоких шурфов специальными подъемными установками и при достаточно больших размерах бадей допускается перемещение в них людей.

При проходке неглубоких шурфов для проветривания часто используют энергию ветрового потока, для чего над устьем шурфа устанавливают ветровые щиты или раструб, который соединен с трубопроводом, опущенным в выработку.

Шурфы глубиной более 5 м во время нахождения в них людей должны непрерывно проветриваться. Глубокие шурфы

проветривают с помощью вентиляторов.

При поступлении воды в выработку ее удаляют из забоя в основном бадьями, однако при значительных водопитоках используют специальные забойные ручные или пневматические насосы. Для этого в забое шурфа устраивают приямок, в котором скапливается вода.

Проходка шурфов в мягких породах

К подготовительным операциям относят расчистку от валунов, камней и кустарников рабочей площадки, снятие с нее почвенного плодородного слоя (размеры площадки определяют с учетом безопасности и удобства работ, производимых на поверхности, размещения оборудования, материалов и пород из выработки). После разметки контура устья шурфа (обычно с использованием прямоугольного деревянного шаблона) над ним устанавливают деревянную проходческую раму, размеры которой в свету равны поперечным размерам шурфа в проходке, при этом концы рамы должны выступать за контуры устья не менее чем на 0,5 м. Первые 2 м шурфа проходят с выбросом породы из забоя на поверхность и размещением ее в компактный отвал. Затем на про-

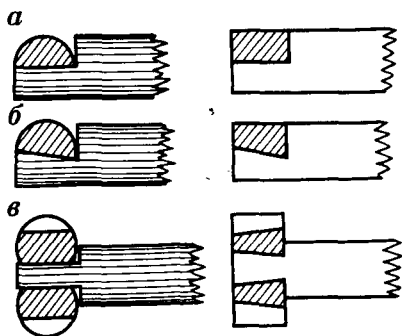


Рис. 15.5. Соединение элементов венца:

а, б, в — односторонние прямые, односторонние косые и двухсторонние замки соответственно

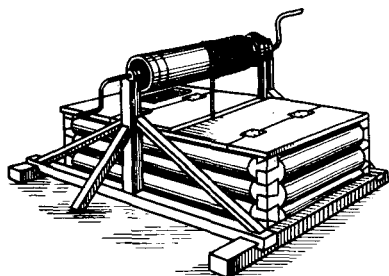


Рис. 15.6. Схема оборудования устья шурфа

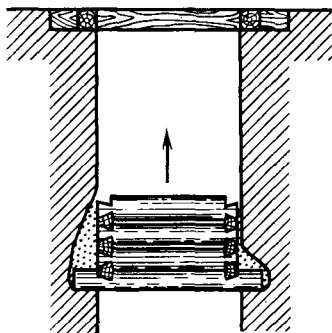


Рис. 15.7. Схема крепления опорного венца при сплошной венцовой крепи

ходческой раме монтируют вороток или подъемную установку и проводят выработку с подъемом породы на поверхность в бадьях; в них же спускают и поднимают оборудование и лесоматериалы.

Существуют различные модификации деревянной крепи, являющейся основным видом крепи для шурфов. Главный элемент прямоугольной крепи — венец, который состоит из четырех бревен, брусьев, или пластин, соединенных между собой (рис. 15.5). Венцы располагают в шурфе горизонтально вплотную друг к другу или на некотором расстоянии один от другого; соответственно с этим различают сплошную, на стойках и подвесную венцовые крепи. В сплошной крепи один венец контактирует с другим; в крепи на стойках венцы разделены между собой обычно четырьмя вертикально установленными деревянными стойками небольшой длины, а в подвесной крепи — подвешиваются к верхнему венцу на недлинных металлических подвесках.

Первые 3—4 м выработки, как правило, закрепляют сплошной венцовой крепью, причем верхние венцы крепи выступают над устьем шурфа на высоту не менее 0,3 м и оборудуются лядами. Схема оборудования устья шурфа с ручным воротком представлена на рис 15.6.

Кроме обычных венцов, в шурфе на расстоянии от 2 до 8 м устанавливают опорные (основные) венцы, отличающиеся тем, что концы элементов короткой или длинной стороны венца выступают. Выступающие концы (пальцы) заводят в лунки, устраиваемые в стенках выработки. Пальцы служат опорами для венца (рис. 15.7). На рисунке стрелкой показан порядок возведения промежуточных венцов при сплошной крепи или венцовой крепи на стойках; при подвесной крепи промежуточные венцы устанавливают в противоположном направлении — вниз от основного венца.

В неустойчивых породах шурфы крепят в основном сплошной венцовой крепью. Тип крепи (на стойках или подвесная) выбирают с учетом принятого порядка возведения крепи между основными венцами.

Все детали крепи должны тщательно подгоняться одна к другой; зазоры между венцами и стенками шурфа расклинивают; при креплении венцами на стойках и подвесными венцами стенки выработки между этими венцами перекрываются досками или горбылями; эти операции называют «расклинкой» и «затяжкой».

Для крепления шурфов обычно используют бревна диаметром 150—160 мм. Поперечные размеры элементов крепи, как правило, не рассчитывают; в случае необходимости они могут быть определены исходя из расчетных величин горного давления. Величину горного давления определяют исходя из гипотезы М. М. Протодяконова, сущность которой сводится к тому, что крепь вертикальной выработки как подпорная стенка испытывает давление призм породы, сползающих под углом θ .

Закрепленные шурфы с площадью поперечного сечения в свету более 1 м² обычно разделяют на два отделения — подъемное и лестничное; устройство этих отделений называют армированием выработки.

Площади поперечного сечения различных типов шурфов приведены в табл. 15.1.

Т а б л и ц а 15.1.

Тип шурфа	Характеристика шурфа	Площадь поперечного сечения, м ²		
		в свету	в черне	в проходке
I	Прямоугольный в одно отделение	0,70	1,20	1,25
II	То же	0,85	1,40	1,50
III	Прямоугольный в два отделения с подвесной лестницей	1,20	1,85	2,0
IV	Прямоугольный в два отделения с деревянными лестницами	2,70	3,85	4,00

С целью повышения безопасности работы в выработке над забоем шурфа устраивают временные полки, под которые проходчики заходят во время подъема бадьи.

Проходческое звено обычно состоит из трех рабочих, двое из которых работают на поверхности, а один в шурфе (при площади поперечного сечения шурфа более 2 м² в нем могут работать два проходчика).

Технологические операции, осуществляемые в шурфе, немногочисленны, однако их планирование во времени повышает организационный уровень работ, обеспечивает более высокую производительность и безопасность труда.

По окончании проходческих работ и составления соответствующей документации в выработках шурфы должны быть ликвидированы или законсервированы, а нарушенный участок земной поверхности восстановлен.

Проходка шурфов в рыхлых сыпучих породах

Особенности проходки шурфов проявляются главным образом в связи с применением своеобразной конструкции каркасно-опускной крепи, необходимой в теряющих устойчивость породах даже при незначительных вертикальных обнажениях. При использовании каркасно-опускной крепи проходят ступенчатые шурфы круглого сечения (по мере увеличения глубины уменьшается диаметр шурфа).

Для определения диаметра устья ступенчатого шурфа D_y (м) необходимо задаться проектной глубиной шурфа H , установить параметры конструкции крепи и произвести расчет по следующему выражению:

$$D_y = d + a(n - 1), \quad (15.2)$$

где d — диаметр нижнего уступа шурфа, м, обычно $d = 0,8 \div 1,1$ м; a — разница диаметров смежных уступов, определяемая в зависимости от конструктивных особенностей крепи в пределах 0,2—0,3 м; $n = H/h$ — число уступов в проектируемом шурфе; h — высота уступа, принимаемая 2 ÷ 4 м.

После выполнения соответствующих подготовительных операций на поверхности устанавливают деревянный или металлический копер с ручным воротком (рис. 15.8) или лебедкой. Своеобразие конструкции копра определяется его назначением — с помощью его осуществляют не только подъем породы, но также спуск собранных на поверхности каркасов крепи и выемку их из выработки при ее ликвидации. Под копром намечают контур устья шурфа и устанавливают проходческую раму.

Породу из забоя удаляют вручную штыковыми или совковыми лопатами. Вначале насколько позволяет устойчивость породных стенок, шурф проходят без крепления (глубина незакреп-

[illegible]

Второй уступ проходят в такой же последовательности: раз-

мечают контур выработки уменьшенного диаметра, предварительно углубляют ее без крепления, опускают на забой каркас меньшего диаметра, приготовленный на поверхности для второго уступа, вокруг каркаса размещают опалубку и продолжают углубку с одновременным осаживанием крепи. Верхнее кольцо второго каркаса соединяют металлическими стяжками с нижним кольцом первого каркаса. Следующие уступы шурфа проходят аналогично. Общий вид шурфа, закрепленного каркасно-опускной крепью, представлен на рис. 15.9.

Проходческое звено обычно состоит из трех-четырех человек, причем на верхних уступах выработки могут работать одновременно два проходчика. В графике организации работ несколько большее время отводится на крепление, но оно частично совмещается с выемкой породы.

Проходка шурфов с каркасно-опускной крепью экономичнее по сравнению с проходкой в тех же условиях шурфов со сплошной венцовой крепью.

При ликвидации шурфа каркасы и опалубку извлекают секциями в порядке, обратном их введению.

§ 4. ПРОХОДКА ШУРФОВ С ПРОМОРАЖИВАНИЕМ И ОТТАИВАНИЕМ ПОРОД

При проведении выработок в водоносных наносах поступающая в шурфы вода оказывает существенное влияние на технологию проходческих работ, с одной стороны (и это главное), она снижает устойчивость пород, усложняет операцию водоотлива и ухудшает условия работы в забое; с другой стороны, она, разупрочняя породы, облегчает процесс их отделения от массива. В то же время, замерзая, вода существенно меняет физические характеристики пересекаемых шурфами пород, увеличивает их устойчивость (а следовательно, облегчает операцию поддержа-

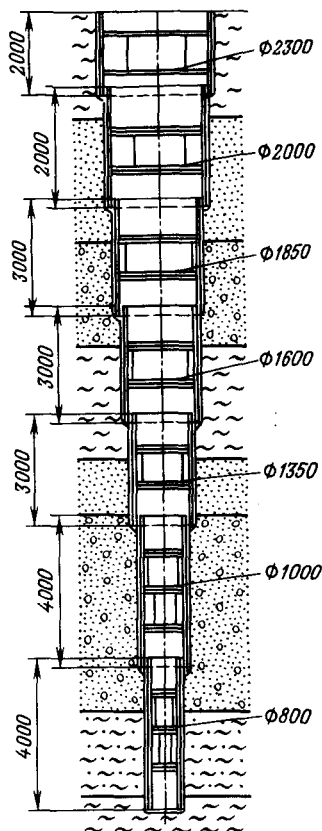


Рис. 15.9. Шурф, закрепленный каркасно-опускной крепью

ния выработок) и прочность (затрудняет операцию выемки). Эффективность проходческих работ может быть повышена за счет изменения теплового режима — их замерзания или оттаивания.

Проходку шурфов с промораживанием талых или с оттаиванием мерзлых пород наиболее широко используют при предварительной и детальной разведке россыпных месторождений. Талые породы (талики) при проходке шурфов промораживаются в зимнее время при отрицательной температуре атмосферного воздуха. Естественное оттаивание мерзлых пород в забое шурфа (под действием солнечной радиации и теплого воздуха) даже в летнее время неэффективно, поэтому применяют искусственное локальное оттаивание.

В практике поисково-разведочных работ применяют оттаивание пожаром и бутовое. Оттаивание пожаром осуществляется преимущественно в лесных районах в зимнее время; на подошве выработки раскладывают небольшой костер (пожог). При сжигании $0,2—0,35 \text{ м}^3$ дров глубина оттаивания, зависящая от теплоемкости и теплопроводности мерзлых пород, меняется в пределах от $0,2$ до $0,4 \text{ м}$. К недостаткам способа относят довольно интенсивное оттаивание боковых стенок выработки, при котором необходимы дополнительные работы по уборке вывалившейся, потерявшей устойчивость породы и креплению. Кроме того, при значительной глубине шурфа требуется тщательное интенсивное проветривание.

Бутовое оттаивание заключается в сбрасывании на забой камней (бутов) округлой формы диаметром до 10 см , нагретых в кострах, которые разводят около устья выработки, до температуры $200—300^\circ \text{C}$. В центре забоя предварительно устраивают углубление, при этом режим оттаивания породы улучшается, а стенки шурфа в меньшей степени подвергаются тепловому воздействию (раскаленный бут перекрывается слоем мха для сниже-

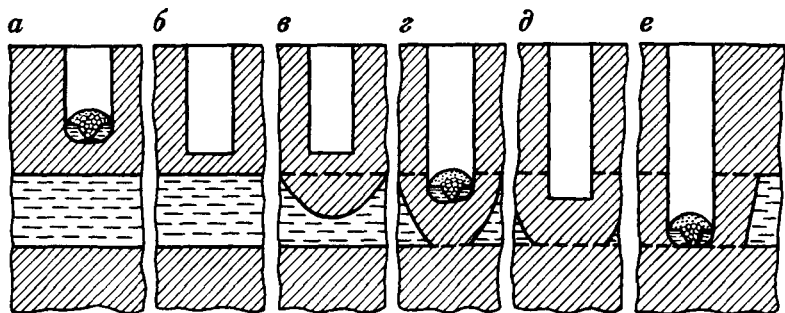


Рис. 15.10. Проходка шурфов с оттаиванием и промораживанием пород: а — проходка с оттаиванием; б и в — прекращение проходки и промораживание; г — проходка с оттаиванием; д — промораживание нижней части талых пород (таликов); е — продолжение проходки с оттаиванием

Номера шурфов	Операция	Сутки										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание			■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание			■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание			■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание				■	■	■	■	■	■	■	■
8	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание					■	■	■	■	■	■	■
9	Подготовка Оттаивание Уборка породы Промораживание					■	■	■	■	■	■	■

Рис. 15.11. График организации проходки шурфов с оттаиванием и промораживанием пород

ния тепловых потерь). При бутовом осттаивании обеспечиваются четкие контуры шурфа и сохраняется устойчивость его боковых стенок; расход дров на 1 м³ оттаявших песков составляет в среднем 0,3 м³.

Интересный комбинированный способ проходки шурфов с оттаиванием и промораживанием пород используют при проведении выработок зимой в многолетнемерзлых толщах наносов, в которых слои мерзлых пород перемежаются со слоями талых.

Схематично очередность работ по оттаиванию мерзлых пород (для облегчения их выемки) и промораживанию талых (с целью предотвращения прорыва талых пород и воды в выработку) представлена на рис. 15.10.

Так как породы оттаивают и промерзают относительно медленно (за смену слой породы оттаивает на глубину от 0,15 до 0,4 м, а скорость промораживания также незначительна и зависит от температуры воздушной среды), для повышения производительности горных работ бригада проходит одновременно несколько шурфов, два-три рабочих проходят 8—10 шурфов (многозабойная проходка). Примерный график организации работ представлен на рис. 15.11.

§ 5. ПРОХОДКА ШУРФОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Область применения буровзрывных работ в процессе проведения шурфов довольно широка; при пересечении выработкой пород, относимых к V и более высоким категориям буримости по ЕНВ, использование энергии взрыва для рыхления и отбойки этих пород становится практически неизбежным. В некоторых случаях при пластичных породах эта энергия может использоваться и для переформирования скважины относительно небольшого диаметра в шурф.

Взрывная отбойка пород осуществляется наиболее часто и является неотъемлемой технологической операцией при проведении глубоких шурфов. Подготовительная операция взрывной отбойки — бурение шпуров производится различными способами в зависимости от свойств горных пород и масштабов работ. В исключительных случаях используют ручное бурение шпуров; при наличии на месте производства проходческих работ источников электрической или пневматической энергии применяют электросверла и легкие перфораторы. Кроме того, возможно использование мотоперфораторов при условии эффективного удаления из выработки выхлопных газов бензинового двигателя.

При относительно небольших площадях поперечного сечения шурфов, а также в зависимости от свойств пересекаемых выработкой пород шпуровые комплекты состоят из 2—10 шпуров глубиной от 0,8 до 1,2 м, причем в комплектах иногда отсутствуют врубовые шпуров. Наиболее часто используемые комплекты шпуров в выработках с небольшой площадью поперечного сечения изображены на рис. 15.12.

Количество шпуров в комплекте определяют по формуле

$$N = 1,27qS/(\gamma d^2\rho), \quad (15.3)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³; S — площадь поперечного

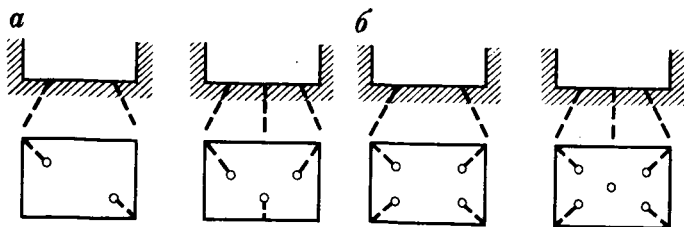


Рис. 15.12. Комплекты шпуров в породах II—III (а) и IV—V (б) категорий по буримости

сечения шурфа в проходке, м^2 ; γ — коэффициент заполнения шпуров взрывчатим веществом, $\gamma = 0,60 \div 0,85$; d — диаметр патрона ВВ, м ; ρ — плотность ВВ в патронах, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Удельный расход аммонита № 6ЖВ приведен ниже.

Коэффициент крепости пород f	1,5	2—3	4—6	7—9	10—14	15—18	19—20
Удельный расход, ВВ, $\text{кг}/\text{м}^3$	1,40	1,50	1,92	3,00	4,20	4,50	5,00

Расход ВВ (кг) на цикл может быть определен по следующему выражению:

$$Q = Slq, \quad (15.4)$$

где l — глубина отбойного шпура, м .

Шпуры заряжают вручную, шпуровые заряды взрывают электрическим способом. В процессе проведения первых взрывов количество ВВ, расходуемое на один цикл, подлежит уточнению.

Вопросам проветривания шурфов, проходимых с буровзрывными работами, должно уделяться особое внимание. Помимо отмеченной выше непрерывной подачи чистого воздуха в забой во время нахождения в нем людей появляется необходимость интенсивного проветривания выработки после производства взрывных работ с целью удаления из нее газообразных продуктов взрыва и взвешенной минеральной пыли.

Шурфы проветривают портативными вентиляторами типа СВЦ, легко разбираемыми на транспортабельные блоки массой менее 16 кг и снабжаемые взаимозаменяемыми приводами: электрическим, бензиновым двигателями или ручным приводом. Некоторые технические данные этих вентиляторов приведены ниже.

Привод	Электрический двигатель	Бензиновый двигатель	Ручной
Подача, $\text{м}^3/\text{мин}$	17,7	17,7	11
Мощность двигателя, кВт	0,4	0,5	—
Частота вращения, мин^{-1}	1400	1400	870
Масса, кг	30	35	25

Воздух подается к забою шурфа по металлическим и прорезиненным трубам, при этом схема проветривания называется нагнетательной.

Необходимое количество свежего воздуха, которое должно быть подано в шурф после взрывных работ, определяется расчетом по количеству ядовитых газообразных продуктов взрыва. Эти продукты образуются при взрывании массы ВВ, размещенной в зарядах комплекта шпуров. С учетом изложенного устанавливают время проветривания, необходимое для удаления из выработки ядовитых и вредных газов. По истечении этого времени проверяют предельно допустимую концентрацию (ПДК) таких газов в рудничном воздухе. При положительных результатах анализов работы в шурфе возобновляют. При двух-, трехсменной работе операции взрывания и проветривания обычно приурочивают к междусменным перерывам.

Горную массу в бадьи грузят почти всегда вручную. При шурфах большого сечения и механизированном подъеме породы в бадьях повышенной вместимости могут применяться механические погрузчики.

Подъем породы осуществляют аналогично изложенному выше: при проходке шурфов большого сечения используют более мощные подъемные установки.

При проведении шурфов в крепких породах, характеризующихся обычно повышенной устойчивостью, выработку крепят со значительным отставанием от забоя, причем часто эту операцию не включают в цикл проходческих работ (под циклом понимают непрерывно повторяющуюся в течение определенного промежутка времени совокупность основных проходческих процессов, в данном случае процессов, которые выполняют между двумя взрывными отбойками породы в забое шурфа). Обычно крепь возводят во время специально выделяемых для этого смен, после выполнения нескольких проходческих циклов.

В шурфах большой глубины и площади поперечного сечения, кроме крепления, армируют выработку (устраивают в ней лестничное отделение с отшивкой его от подъемного отделения и с установкой полков и лестниц).

При проведении неглубоких шурфов с небольшой площадью поперечного сечения проходческое звено обычно состоит из трех человек, один работает в забое, двое — на поверхности. Иногда проходческая бригада работает по многозабойному методу — одновременно в нескольких шурфах. При этом повышается производительность труда за счет снижения простоев, связанных со взрывной отбойкой и проветриванием.

Примерный график организации работ при проведении неглубокого шурфа в устойчивых породах, позволяющих крепить выработку в специально выделяемые смены, представлен на рис. 15.13.

Процесс цикла	Часы смены						
	1	2	3	4	5	6	7
Подготовка к уборке породы	■						
Уборка породы	■	■	■	■			
Подготовка к бурению					■		
Бурение шпуров					■	■	■
Заряжание и взрывание							■

Рис. 15.13. График организации работ при проходке шурфа

Своеобразный способ проходки шурфов, получивший название взрывного, может быть применен в мягких легкосжимаемых породах — глинах, суглинках, супесях и лёссах. При этом способе в процессе взрыва удлиненного заряда, размещенного в скважине, в результате деформации пород образуется примерно цилиндрическая полость — шурф (рис. 15.14). Во влажных породах процесс образования горной выработки протекает более эффективно. При относительно правильной форме поперечного сечения, представляющей собой круг, диаметр выработки на различных ее участках не остается постоянным, однако в однородных породах отклонения его от среднего значения невелики (расположение инициаторов в донной части заряда обеспечивает большую стабильность диаметра выработки). В верхней части выработки, как правило, образуется воронка выброса (особенно в выработках с диаметром более 1 м). Между диаметром образующейся выработки и диаметром скважины (заряда) отмечается следующая зависимость:

$$D_v = d\sqrt{K}, \quad (15.5)$$

где D_v и d — диаметр соответственно выработки и скважины (заряда), мм; K — коэффициент пропорциональности.

Значение этого коэффициента выбирается в зависимости от свойств породы и взрывчатого вещества. Из практических данных взрывной проходки шурфов в глинах, суглинках и лёссах при использовании аммиачно-селитренных ВВ коэффициент K можно принимать в пределах от 150 до 300. При рекомендуемых значениях K средний диаметр выработки будет составлять 12—17 диаметров скважины. Следовательно, чтобы обеспечить образование шурфа диаметром 1 м, необходимо бурить такую скважину, в которой можно было бы разместить заряд диаметром 60—80 мм. Технология проходки шурфов взрывным способом проста и состо-

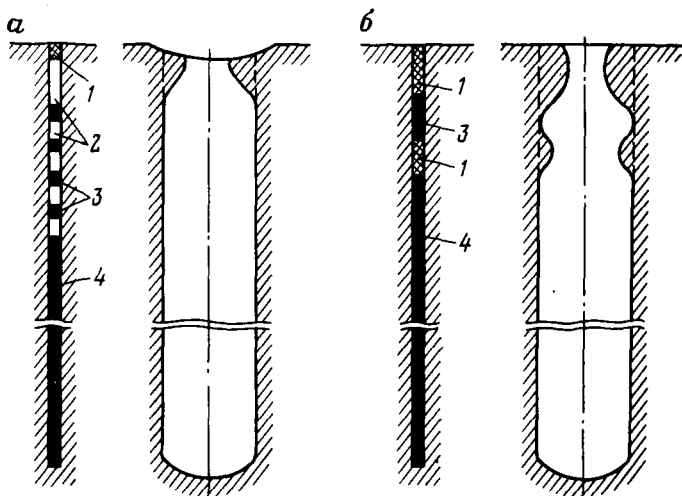


Рис. 15.14. Взрывной способ проходки шурфов:

а — зарядами с воздушными промежутками; б — основными и дополнительными зарядами; 1 — забойка; 2 — воздушные промежутки; 3, 4 — дополнительный и основной заряды соответственно

ит из бурения скважины, заряжения и взрывания, проветривания, оборки воронки выброса и оборудования шурфа.

Скважину бурят на проектную глубину выработки. Заряжать скважины патронированными ВВ несколько сложнее — для равномерной укладки патроны в скважине устанавливают в вертикальном положении или опускают в нее связанными в пачки; при обводненной скважине заряды размещают в шланге из брезентовой или прорезиненной ткани. После взрыва образовавшуюся выработку тщательно проветривают. Крепление шурфа — относительно трудоемкая проходческая операция. Однако при взрывании заряда ВВ породы, деформируясь, уплотняются и приобретают повышенную устойчивость, поэтому неглубокие шурфы обычно не крепят. Глубокие выработки крепят подвесными каркасами из металлических колец или распорками.

После расчистки поверхности и установки на основной проходческой раме подъемного воротка осуществляют выемку породы, оставшейся на забое, доуглубку шурфа или задирку его подошвы, взятие пробы и составляют геологическую документацию. Шурфы, пройденные взрывным способом, малопригодны для составления геологической документации пересеченных выработкой пород.

Взрывной способ характеризуется незначительными затратами времени, труда и средств на проходку выработок и наиболее целесообразен в тех случаях, когда шурфы используют в ка-

честве вскрывающих выработок, а геологическую информацию получают при проходке рассечек из этих шурфов.

Организация работ отличается простотой, проходческие операции не повторяются; шурф проходят практически за один цикл; проходческое звено состоит обычно из двух человек. Многозабойная проходка существенно повышает эффективность работ.

§ 6. ПРОХОДКА ШУРФОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ

К этому способу отнесем проходку шурфов с помощью шурфо-проходческих агрегатов, экскаваторов, кранов с навесным оборудованием и буровых установок (операция крепления выработки также может быть частично механизирована). Использование специальных или приспособленных машин для проведения шурфов наиболее целесообразно только при больших объемах шурфо-проходческих работ, выполняемых преимущественно на стадиях детальной и эксплуатационной разведки месторождений некоторых стройматериалов, россыпей и при разведочно-эксплуатационных работах на месторождениях отдельных видов кристалло-сырья. Это является одной из причин того, что способ проходки шурфов с использованием комплексной механизации работ имеет все еще довольно ограниченную область применения. Однако он обладает рядом существенных преимуществ.

Достоинства способа следующие:

- 1) замена тяжелого физического труда работой механизмов;
- 2) высокая безопасность работ и благоприятные условия труда проходчика (машинист, оператор), находящегося в процессе проведения выработки не в шурфе, а на земной поверхности;
- 3) высокая производительность труда и, как следствие, снижение стоимости работ;
- 4) возможность максимального упрощения проходческого цикла и достижение его непрерывности даже при относительно крепких горных породах.

Рассмотрим технические средства и технологию проходки шурфов на примере бурения выработок шурфобурами вращательного действия.

Основное оборудование проходки шурфов бурением — шурфо-проходческие буровые установки. Выделим среди них три следующих вида: специализированные, комбинированные и скважинные.

Специализированные установки предназначены только для бурения шурфов, поэтому их применение может быть целесообразным при больших объемах шурфо-проходческих работ. Комбинированные установки по своим конструктивным особенностям пригодны как для бурения шурфов, так и для бурения разведочных скважин; область применения этих установок шире, использование их целесообразно в геологоразведочных экспеди-

циях, выполняющих наряду с разведочным бурением значительные объемы шурфопроходческих работ.

Скважинные буровые установки, предназначенные в основном для бурения разведочных скважин, могут также применяться и для проходки шурфов. Использование скважинных установок для бурения шурфов возможно после их переоборудования, которое сводится в основном к увеличению расстояния между опорами мачты и подъему ротора (вращателя) с тем, чтобы можно было разместить над устьем выработки буровой инструмент диаметром и высотой около 1 м. Кроме того, необходимо уменьшить частоту вращения ротора или вращателя. Тип и марку буровых установок с целью использования их для проходки шурфов выбирают исходя из расчета необходимой мощности и с учетом основных технических характеристик, приведенных в табл. 15.2. При этом проходческие операции следующие: отделение породы от забоя, перемещение ее из выработки до поверхности и разгрузки в отвал. Эти операции производятся с помощью рабочего органа, называемого шурфобуром. Для выполнения этих операций шурфобуры снабжены породоразрушающим инструментом, емкостью, в которой накапливается разрушенная порода, и устройством, обеспечивающим выгрузку породы на поверхности.

В качестве породоразрушающего инструмента для малосвязных и мягких пород (до IV категории по буримости) используют режущие армированные твердым сплавом ножи и опережающие долота; для более крепких пород — шарошечные долота.

Элемент бурового инструмента, в котором накапливается и транспортируется на поверхность разрушенная порода, в наибольшей степени определяет всю конструкцию шурфобура. По этому признаку шурфобуры разделяют на классы: I — дисковые, II — шнековые, III — ковшовые, IV — грейферные, V — колонковые, VI — аккумулярующие. Наиболее просты и распространены шурфобуры первых трех классов (рис. 15.15, а, б, в). Дисковый бур состоит из центральной трубы, снабженной диском — главным рабочим органом. В диске имеются прорези (проходные отверстия), на одной из радиальных граней которых крепятся наклонные полки со съемными ножами. При бурении срезаемая ножами порода попадает через проходные отверстия на верхнюю поверхность диска и аккумуляруется на ней. Область рационального применения — при бурении шурфов в мягких неводоносных породах. Основным рабочим органом буров II класса — шнек; на нижней кромке винтовых лопастей монтируют ножи, срезающие стружку породы. Разрушенная порода размещается на полках шнека. Для бурения шурфов в мягких и плотных породах предпочтительнее пользоваться однозаходными шнеками, в рыхлых и сыпучих — двухзаходными.

При использовании ковшового шурфобура (III класс) срезаемая ножами порода, проходя через прорези на дне его корпуса,

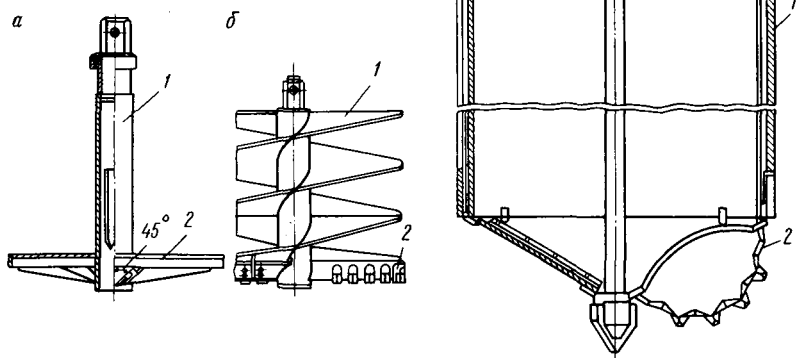
Т а б л и ц а 15.2

Показатели	Специализированные установки				Комбинированные установки				Скважинные установки				
	КШК-30А	МРК-1А	УБСР-24	БМ-802КС	УКС-22М	УКС-30М	КБУ-15	ЛБУ-50	УГБ-50М	УРБ-2А	УРБ-3АМ	БЩЦ-2	
Мощность, кВт	22	30	37	80	34	40	44	44	30	37	44	44	
Глубина шурфа, м, не более	30	25	25	8	20	30	20	15	6	7	10	25	
Наибольший диаметр шурфа, мм, не более	1300	650	900	1300	1050	1050	1100	1050	600	900	1050	1050	
Частота вращения бура, с ⁻¹	1,1—1,2	2,7—6,2	6,0—9,5	—	—	4—8	—	1,4—4,0	1,0—4,0	9,1—13,7			
Усилие, кН:													
подачи	20	20	60	20	—	—	50	50	10	20	50	68	
подъема	150	15	150	10	20	30	150	150	10	25	90	114	
Ход подачи, м	1,5	3,5	1,5	3,8	6,5	6,5	7,0	3,2	1,5	7,0	8,0	1,0	
Транспортная база	Прицеп ЗИЛ-131	ТДТ-75	КРЗ-255Б	Прицеп	ЗИЛ-131	ГАЗ-131	ЗИЛ-131	ГАЗ-131	ЗИЛ-131	ЗИЛ-131	МАЗ-500	ТДТ-75	
Масса, т	5,98	9,20	12,00	21,5	7,60	12,7	9,78	8,54	5,40	10,00	13,60	13,00	

Рис. 15.15. Шурфобур:

а — дисковый: 1 — труба; 2 — диск; *б* —
шнековый: 1 — шнек; 2 — ножи; *в* — ков-
шовый: 1 — корпус ковша; 2 — ножи

6



размещается в ковше. По сравнению с дисковыми и шнековыми шурфобурами ковшовые характеризуются несколько меньшей производительностью, но они более пригодны для бурения шурфов в сыпучих или обводненных породах.

Вместимость шурфобуров этой конструкции относительно невелика, так как вследствие ограниченной мощности установок проходка выработки за один рейс обычно не превышает 0,2—0,4 м (проталкивание породы в заполненный бур требует дополнительных затрат мощности).

Заполненный бур поднимают для разгрузки на поверхность; продолжительность спуско-подъемных операций с увеличением глубины шурфа возрастает, при необходимости наращивания и разборки става буровых штанг при каждом рейсе это увеличение особенно значительно. Поэтому при бурении глубоких шурфов буровые установки оборудуют скользящими шурфобурами, которые поднимают и опускают на тросах без разборки и наращивания штанговой колонны.

Если разгрузка на поверхности дисковых и шнековых шурфобуров не представляет особых затруднений (осуществляется с по-

мощью простейших лемехообразных устройств или при повышенной скорости вращения за счет центробежной силы), то ковшовые шурфобуры разгружают вручную или с помощью поворотных лопастей, образующих корпус бура и поворачиваемых при разгрузке специальным гидравлическим приводом.

При разгрузке шурфобуров устье выработок перекрывают лядами.

В IV класс шурфобуров включены напорные грейферы, предназначенные для проходки шурфов в гравийно-валунистых отложениях. Одна из конструкций грейферного шурфобура представлена на рис. 15.16. Вибромеханизм, являющийся составной частью грейфера, обеспечивает интенсивное внедрение его челюстей в забой даже при наличии в последнем значительного количества валунов больших размеров.

Колонковые шурфобуры, отнесенные к V классу, разделяют на два вида: шурфобуры для мягких и малосвязных пород и шурфобуры, предназначенные для бурения в крепких породах.

Корпус бура первого вида состоит из двух расположенных один над другим цилиндра, которые соединены между собой фиксаторами, позволяющими верхнему цилиндру поворачиваться относительно нижнего на некоторый угол. Верхний цилиндр с помощью крестовины и вала соединяется с бурильными трубами. В контурах кольцевого забоя порода разрушается двумя наклонными ножами, при этом горная масса аккумулируется между керном и стенкой бура и частично попадает на керн сверху. После прекращения углубки переходят на обратное вращение бура, вследствие чего верхний цилиндр поворачивается относительно нижнего и укрепленные на нем кремальеры вращают зубчатые колеса, на валах которых в нижней части бура расположены подрезные ножи. Поворот подрезных ножей к оси шурфа приводит к подрезке керна. После подрезки керн вместе с разрушенной породой поднимают на поверхность и выгружают из шурфобура. Использование шурфобура этой конструкции обеспечивает выемку с разных глубин ненарушенных валовых проб, что приобретает большое значение при разведке россыпных месторождений.

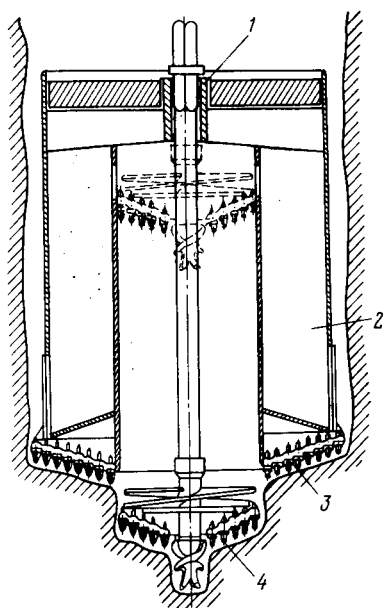
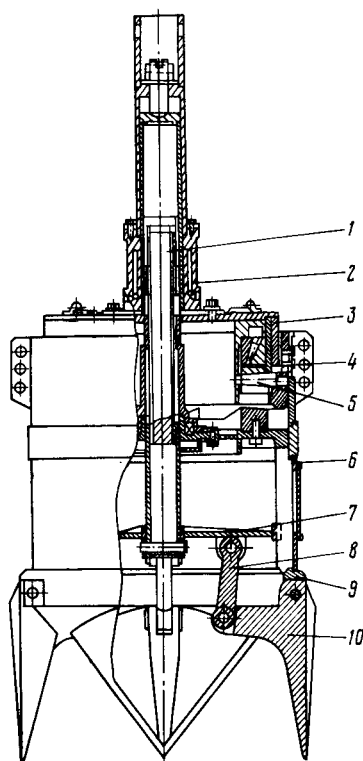
Колонковые шурфобуры для крепких пород не получили применения в практике геологоразведочных работ; экспериментальные образцы представляют собой достаточно сложную конструкцию. В качестве породоразрушающего инструмента в этих конструкциях могут использоваться штыревые шарошечные долота или долота пневмоударников; шурфобуры в нижней части оборудуют устройством для отделения от массива и удержания керна большого диаметра, в верхней — шламоуловителем. Использование столь сложной конструкции шурфобуров может быть целесообразным при бурении шурфов большой глубины в крепких породах.

Рис. 15.16. Напорный грейферный шурфобур с вибромеханизмом:

1 — винтовое устройство; 2 — приводная часть; 3 — корпус; 4 — вибратор; 5 — ударно-вибрационный механизм; 6 — виброударный стакан; 7 — траверса; 8 — тяга; 9 — башмак; 10 — лопасть

Рис. 15.17. Аккумулирующий шурфобур:

1 — втулка; 2 — аккумулятор; 3, 4 — резцы



Аккумулирующие шурфобуры (VI класс) предназначены для бурения глубоких шурфов в некрепких породах. Особенность этих шурфобуров — возможность размещения в них довольно значительного количества породы без увеличения мощности в процессе бурения с заполняющимся аккумулятором, размещенным в верхней части бура. Одна из конструкций аккумулярующего шурфобура представлена на рис. 15.17.

Изложим кратко технологию проведения выработки с помощью аккумулярующего шурфобура — при его вращении забой шурфа разрушается резцами шнекового бура 4 и резцами 3, расположенными на конусном днище аккумулятора 2. Разрушенная порода поднимается по лопастям шнека, а также насыпается на шнек наклонными резцами 3. При заполнении шнека породой процесс бурения прерывается, и шнек поднимается вверх до упора во втулку 1. В этом положении частоту вращения шнека увеличивают, и под действием центробежных сил порода ссыпается с него через окна в аккумулятор. Затем шнек опускается в нижнюю часть бура,

и процесс проходки продолжается. После заполнения породой всего аккумулятора шурфобур поднимают на поверхность.

Крепление шурфов характеризуется некоторыми особенностями, обусловленными формой выработки и технологией ее проведения.

В результате бурения образуется шурф, имеющий форму цилиндра, при достаточно устойчивых породах выработку крепят обычно после проходки ее на всю глубину. При этом назначение крепи может быть различным — для обеспечения безопасности выполнения в выработке непродолжительных работ по взятию проб и для составления геологической документации, сохранения выработки на длительный период с целью проведения из шурфа рассечек или для производства других работ (например, для интенсификации проветривания системы подземных разведочных выработок).

С учетом изложенного крепь шурфов, пройденных бурением, разделяют на кратковременную и долговременную.

Процесс крепления шурфов традиционной крепью (металлическими кольцами с деревянными прокладками или даже бетонными кольцами) связан с затратами времени, обычно превышающими время проходки выработки, поэтому обычная технология крепления становится особенно неприемлемой для возведения и демонтажа кратковременной крепи. Назначение кратковременной крепи, устанавливаемой только на период опробования и составления геологической документации шурфов, сводится к эффективному противодействию горному давлению, возникающему при вывалах породы из стенок выработок, при этом достаточно прочная крепь может и не контактировать по всему своему периметру со стенками шурфа. Помимо прочности, кратковременная (иногда называемая предохранительной) крепь должна быть легкой, быстро монтируемой и демонтируемой и обеспечивать многократное использование. Наиболее перспективные материалы для изготовления предохранительной крепи — металл и стеклопластик. На рис. 15.18 изображена предохранительная крепь, состоящая из подвесных цилиндрических колец, которые изготовлены из листовой стали и снабжены винтовыми распорными домкратами, являющимися одновременно и ступенями лестницы. На рис. 15.19 представлена схема установки в шурфе 1 предохранительной крепи, основные элементы которой — стеклопластиковые кольца 2, разрезанные по образующей цилиндра и армированные на торцах металлическими уголками 3 со стыковочными фигурными штырями.

Крепь собирают и устанавливают в выработке по окончании бурения шурфа. Для этого на буровой штанге вместо шурфобура монтируют раму, под которой на штырях подвешивают первое кольцо; буровую штангу опускают в выработку на высоту этого кольца, и на опорную раму устанавливают

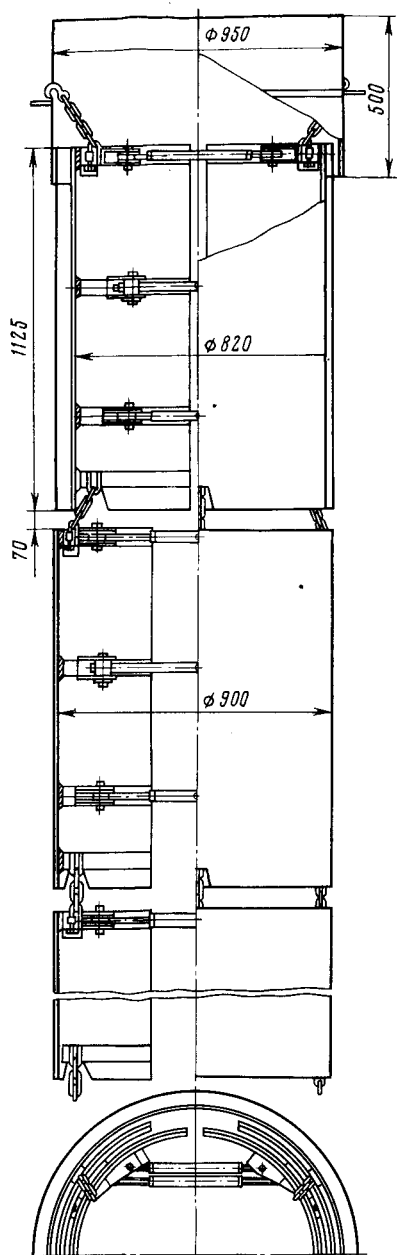
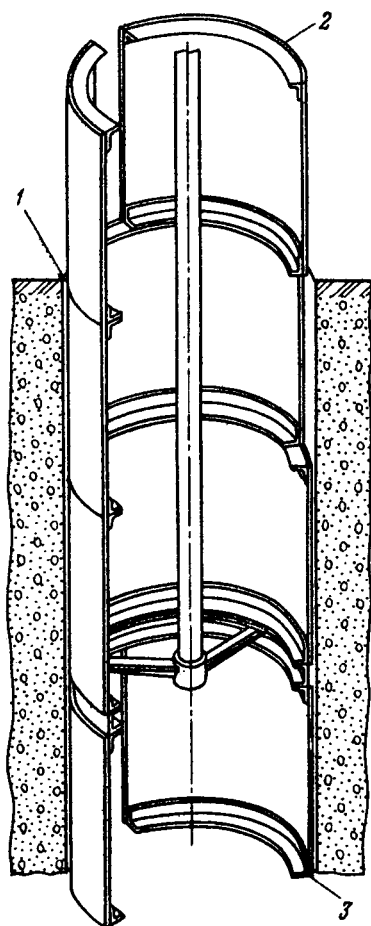


Рис. 15.18. Металлическая крепь КР-2-900

Рис. 15.19. Схема установки в шурфе кольцевой стеклопластиковой крепи



второе кольцо. Операции с установкой последующих элементов крепи идентичны. После составления геологической документации и отбора проб колонну бурильных труб поднимают. Элементы крепи, выходящие из выработки на поверхность, поочередно снимают с колонны.

Комплексная механизация проходки разведочных шурфов обеспечивается также при использовании мобильных кранов с соответствующим комплектом навесного оборудования и специализированных агрегатов. Породу вынимают и удаляют из выработки в основном грейферами различных конструкций или экскаваторными ковшом, при этом шурфам придают прямоугольную форму сечения. Экскаватор типа УКШЭ для проходки шурфов средней глубины снабжен ковшом и грейфером, которые монтируют в зависимости от свойств пород, пересекаемых горной выработкой.

Техническая характеристика экскаватора УКШЭ

Вместимость, м ³	
ковша	0,65
грейфера	0,20
Глубина шурфа, м, не более	6,7
Габаритные размеры, мм	5200×2800×3100
Масса, кг	1900

Проходческое звено обычно состоит из двух-трех человек, при сменной работе целесообразно включать в состав проходческой бригады слесаря-ремонтника.

Технической документацией при проведении мелких шурфов является паспорт, в котором изложены горнотехнические условия проходки, параметры выработки, основные сведения о технологии проходки (включая БВР, если они предусматриваются), способы крепления и проветривания выработок.

При проведении глубоких шурфов целесообразно составлять проект проходческих работ, включающий паспорта БВР, проветривания и крепления.

В соответствии с правилами безопасности после окончания проходки, а также работ по составлению геологической документации и опробованию шурфы должны быть засыпаны. Допускается ликвидация шурфов глубиной более 10 м путем перекрытия двумя прочными деревянными (бетонными или металлическими) полками, пространство между которыми должно быть засыпано.

Шурфы, пройденные в слабых и обводненных породах, необходимо ликвидировать только путем их засыпки. Вокруг устья ликвидированного шурфа устанавливают ограждение высотой не менее 2,5 м.

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ СТВОЛОВ

Стволы шахт проводят преимущественно на стадии детальной разведки месторождений, залегающих на более или менее значительной глубине.

Ежегодно геологоразведочные организации проходят 4—5 тыс. м стволов.

Из этих выработок на высотных отметках запроектированных разведочных горизонтов проводят квершлагги (с необходимыми вспомогательными выработками) и в пределах разведочного поля проходят комплекс разведочных выработок (штреки, рассечки, восстающие).

Стволы используют для транспортировки людей, горной массы, оборудования и материалов, а также для перемещения воздуха: в них располагают трубопроводы и электрические коммуникации.

Вертикальные разведочные стволы имеют прямоугольную и реже круглую форму поперечного сечения (стволы прямоугольной формы поперечного сечения крепят деревянной крепью, круглой формы — бетонной крепью). Глубина стволов различна, обычно она составляет 40—400 м, а в отдельных случаях достигает 600 м и более, при этом глубоким стволам придают круглую форму поперечного сечения. Площадь поперечного сечения стволов, выбираемая в зависимости от размеров и количества подъемных сосудов, меняется в пределах от 6 до 20 м².

Вопрос определения площади поперечного сечения стволов шахт имеет очень важное значение, от его правильного решения зависят стоимость проведения выработки и производительность шахтного подъема, определяющая интенсивность горно-разведочных работ. Стволы после проходки разделяют в поперечном сечении на следующие отделения: подъемное, лестничное, вентиляционное и трубное. Размеры каждого отделения регламентированы и в конечном счете определяют площадь поперечного сечения выработки. Наибольшая часть площади поперечного сечения ствола отводится для подъемных отделений.

При этом необходимо учитывать, что в процессе проходки стволов горную массу поднимают в бадьях, а после проходки при использовании стволов в качестве транспортных выработок бадьи, подъем которыми характеризуется небольшой производительностью, обычно заменяются клетями.

Бадьевые подъемы сохраняются после проходки стволов только при разведке небольших, неглубокозалегающих разведочных полей, когда из комплекса проходимых разведочных выработок для выдачи на поверхность поступает малое количество горной массы (бадьевыми подъемами пользуются также при

углубке стволов, производимой с целью вскрытия нижележащих запасов разведочных полей).

Клетевой подъем, помимо более высокой производительности, отличается от бадьевого универсальностью — в клетях транспортируются порожние и заполненные горной массой вагонетки, люди, оборудование и материалы. Поэтому клетевой подъем — основной вид подъема при разведке месторождений, вскрытых стволами. Клеть (рис. 16.1) представляет собой объемную раму из профильной и листовой стали (напоминающую кабину грузового лифта), на платформе которой имеются рельсы для вагонетки 4. К подъемному канату клеть присоединяют с помощью специальных прицепных устройств 3. Клеть фиксируют в подъемном отделении ствола при подъеме и спуске с помощью деревянных или рельсовых проводников, в редких случаях — направляющих канатов. Для затормаживания и остановки клетки в стволе при обрыве подъемного каната ее оборудуют механическим устройством — парашютом 2.

По размерам транспортируемых вагонеток определяют ширину и длину клетки, а по ним в свою очередь рассчитывают поперечные размеры подъемных отделений стволов (при одноклетевом подъеме предусматривают отделение для перемещения подвешиваемого на подъемном канате противовеса, уравнивающего массу клетки).

При определении площади поперечного сечения ствола учитывают габариты крепи, зависящие от ее конструкции.

Рекомендуемые параметры стволов прямоугольной формы с клетевым подъемом представлены ниже.

Типоразмер ствола	I	II	III	IV
Площадь поперечного сечения ствола, м ² :				
со сплошной деревянной крепью	8,9	12,7	10,9	14,2
с подвесной деревянной крепью	9,7	13,1	11,7	14,5
Вид подъема	Одноклетевой с противовесом	Двуклетевой	Одноклетевой с противовесом	Двуклетевой
Вместимость вагонетки, входящей в клеть, м ³ , не более	0,7	0,7	1,1	1,1

Три наиболее распространенные типовые сечения прямоугольных стволов разведочных шахт представлены на рис. 16.2 (стволы типоразмера III проходят редко). Глубина стволов типоразмеров I, II и IV, как правило, не превышает 100, 200 и 300 м соответственно.

При проходке стволов большой глубины, вскрывающих обширные разведочные поля, породу откатывают в вагонетках вместимостью 1,3—1,4 м³, в соответствии с чем возрастают габариты

Рис. 16.1. Клеть:

1 — корпус; 2 — парашют; 3 — прицепное устройство; 4 — вагонетка

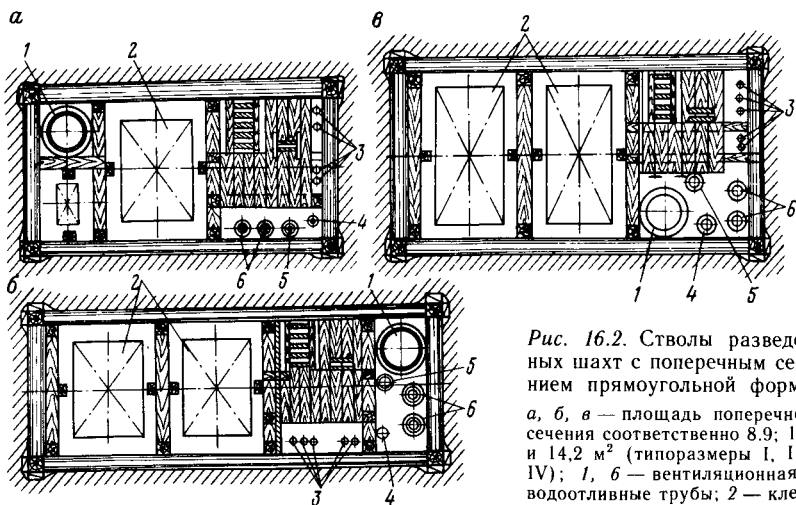
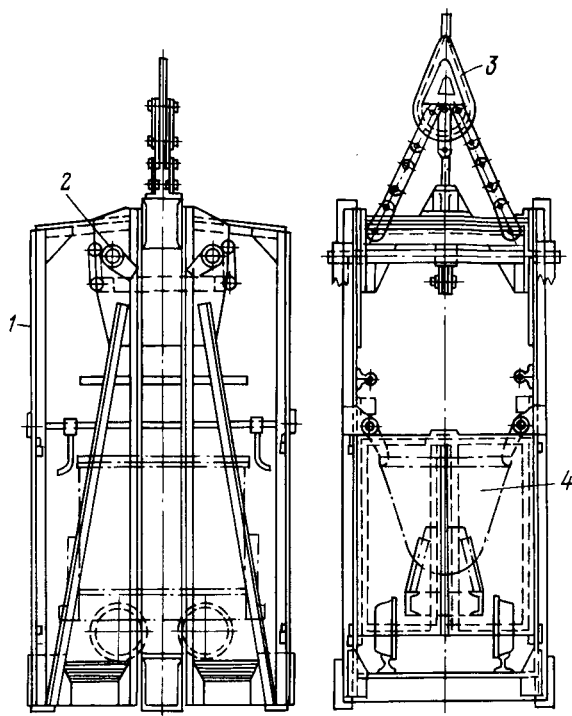


Рис. 16.2. Стволы разведочных шахт с поперечным сечением прямоугольной формы:

а, б, в — площадь поперечного сечения соответственно 8,9; 12,7 и 14,2 м² (типоразмеры I, II и IV); 1, 6 — вентиляционные и водоотливные трубы; 2 — клеть; 3 — электрические кабели; 4, 5 — трубы для водоснабжения и сжатого воздуха

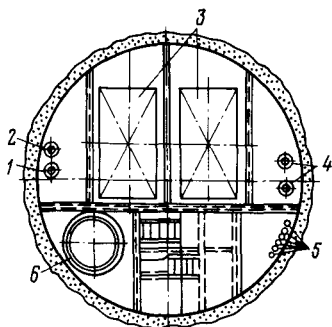


Рис. 16.3. Ствол разведочной шахты с круглой формой поперечного сечения диаметром 4 м:

1, 2 — трубы для водоснабжения и сжатого воздуха; 3 — клеть; 4, 6 — водоотливные и вентиляционные трубы; 5 — кабели

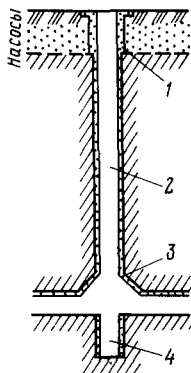


Рис. 16.4. Разрез ствола

риты клетей, а следовательно, и площади поперечного сечения стволов.

Область применения стволов шахт с одной или двухбадьевым подъемом весьма ограничена (объем проходки таких стволов составляет не более 5 % общего объема проходимых стволов разведочных шахт). При использовании бадей вместимостью $0,5 \text{ м}^3$ площадь поперечного сечения стволов составляет 5,9 и $6,5 \text{ м}^2$, а вместимостью $0,75 \text{ м}^3$ — 6,9 и $7,6 \text{ м}^2$.

Параметры стволов круглой формы поперечного сечения с бетонной крепью представлены ниже.

Типоразмер ствола	I	II	III
Диаметр ствола в свету, м	3,5	4,0	4,5
Площадь поперечного сечения в черне, м^2	12,6	15,9	19,6
Вид подъема	Одноклетевой с противовесом	Двухклетевой	Двухклетевой
Вместимость вагонетки, входящей в клеть, м^3 , не более	0,7	0,7	1,1

Так как стволы круглой формы поперечного сечения проходят, как правило, на большую глубину, то типоразмер I, характеризующийся относительно небольшой производительностью одноклетевого подъема, применяют сравнительно редко; ствол типоразмера II, имеющий более широкую область применения, приведен на рис. 16.3.

В отдельных случаях, на разведочных горизонтах породу откатывают в вагонетках вместимостью 1,3 и $1,4 \text{ м}^3$, при этом

площади поперечного сечения стволов увеличивают, и их диаметры в свету составляют соответственно 5 и 5,5 м.

В стволах выделяют четыре составные части (рис. 16.4): устье 1 — верхнюю, примыкающую к поверхности часть ствола; основную часть 2; сопряжение 3 ствола с выработкой околоствольного двора; нижнюю часть ствола 4, предназначенную для сбора стекающей по стволу воды и называемую зумпфом.

Площадь поперечного сечения в черне устьевой части больше площади поперечного сечения основной части ствола за счет увеличенной толщины крепи. Сопряжение ствола околоствольным двором характеризуется своеобразной формой и также увеличенными размерами площади поперечного сечения.

§ 2. СПОСОБЫ ПРОХОДКИ СТВОЛОВ

Стволы разведочных шахт проходят в рыхлых малосвязных сухих или обводненных покровных отложениях и в коренных породах, характеризующихся обычно достаточно высокой крепостью и устойчивостью; коренные породы могут иметь также различную обводненность. При этом наибольший объем проходческих работ приходится на породы XIII—XVIII категорий буримости по ЕНБ; поступление воды из породных массивов в выработки составляет в среднем от 5 до 15 м³/ч и доходит в отдельных случаях до 30 м³/ч. В зависимости от обводненности пересекаемых выработкой пород различают обычные и специальные способы проходки стволов. Специальные способы, предназначенные для проведения стволов в обводненных неустойчивых породах, при геологоразведочных работах применяют редко. В горной промышленности специальные способы проходки в сложных гидрогеологических условиях имеют более широкое применение.

Проведение стволов — достаточно сложный технологический процесс, для эффективности осуществления которого требуются высокая квалификация проходчиков и специальное оборудование. Поэтому сооружение глубоких стволов разведочных шахт обычно поручают специализированным шахтостроительным организациям горнодобывающих отраслей промышленности; неглубокие стволы проводят геологоразведочные организации.

Средняя скорость проходки ствола — один из основных показателей организационно-технического уровня ведения горнопроходческих работ.

При проведении стволов обычным способом этот показатель в значительной мере зависит от порядка и последовательности выполнения основных проходческих процессов: выемки породы, возведения постоянной крепи и армирования ствола.

Проходку ствола ведут с разделением его (по глубине) на участки — звенья. В соответствии с принятым порядком выполнения комплексов проходческих процессов в звеньях различают

три технологические схемы проходки стволов: последовательную, параллельную и совмещенную.

При последовательной схеме ствол проходят (с установкой временной крепи, если это необходимо) на глубину звена и прекращают работы по выемке породы для возведения постоянной крепи. Последовательная схема наиболее проста и применяется преимущественно при проходке неглубоких стволов; длина звеньев в зависимости от устойчивости пород составляет 10—15 м при деревянной крепи и 20—50 м — при бетонной.

Основной недостаток схемы — периодическое прекращение работ по выемке породы, в результате чего скорость проходки невелика и составляет в среднем 15—25 м/мес.

Параллельная схема характеризуется одновременным производством работ в двух звеньях: по выемке породы в нижнем звене и возведению постоянной крепи во втором снизу звене. Организация работ по этой схеме усложняется, однако вследствие совмещения во времени работ по выемке породы и возведению постоянной крепи обеспечиваются более высокие скорости проходки, составляющие в среднем 40 м/мес. Совмещенная схема проходки характеризуется производством работ по выемке с возведением постоянной крепи непосредственно в призабойном пространстве. Эту схему применяют при деревянной крепи ствола.

Комплекс работ по армированию ствола производят одновременно с его проходкой или чаще по завершении проходческих работ; последнее связано с переоборудованием выработки для клетового подъема горной массы из выработок разведочных горизонтов.

Специальные способы проходки используют при сооружении стволов в неустойчивых и водообильных породах. Особенность специальных способов проведения ствола в неустойчивых (сыпучих или даже плавучих) породах сводится к созданию ограждений (в виде специальной крепи, опережающей забой), упрочняющих породы и препятствующих их обрушению или прорыву в проходимую выработку. Специальной крепью может быть деревянная забивная крепь, металлические сваи из швеллерной, уголковой или другой прокатной стали (сваи соединяют между собой специальными замками, что обеспечивает водонепроницаемость ограждения). В водоносных неустойчивых породах стволы преимущественно круглого сечения сооружают также с применением опускной крепи, которая представляет собой кольца, изготавливаемые из бетона и снабженные в нижней части режущим металлическим башмаком.

Крепь внедряется в водоносную породу под действием собственной массы или внешней нагрузки.

Значительной сложностью характеризуется способ проходки стволов в напорных плавучих с отжимом воды в глубь породного массива сжатым воздухом; этот способ иногда называют кессон-

ным. Сущность способа заключается в сооружении в стволе воздухо непроницаемого перекрытия, в пространство между этим перекрытием и забоем (рабочая камера) нагнетается сжатый воздух под давлением, превышающим напор плывуна. Ствол проходят с применением опускной крепи, наращиваемой в рабочей камере по мере выемки породы или возведения крепи в рабочей камере в направлении сверху вниз. Для сообщения рабочей камере с поверхностью служит металлическая труба, которая снабжена шлюзовым аппаратом, необходимым для постепенного изменения давления воздуха. Допустимое давление в рабочей камере не должно превышать 0,2 МПа. Условия работы в рабочей камере неблагоприятно отражаются на здоровье людей, поэтому режим труда проходчиков регламентируется особыми правилами.

В породах с высоким коэффициентом фильтрации стволы могут сооружаться с искусственным понижением уровня подземных вод. Дренажное водопонижение достигается при откачке воды через скважины, вследствие чего в водоносном горизонте формируется депрессионная воронка, вершина которой должна располагаться ниже забоя ствола. Скважины обычно бурят вне сечения ствола, на расстоянии от его оси не более 10—12 м.

В слабых, рыхлых или трещиноватых, неустойчивых водоносных породах стволы могут проводиться с предварительным замораживанием. Сущность способа заключается в том, что вокруг проходимого ствола предварительно создается ледопородный цилиндр, выполняющий роль временной (на период проходки) водонепроницаемой ограждающей крепи. Формирование ледопородного цилиндра обеспечивается за счет охлаждения породного массива вокруг системы скважин, пробуренных по контуру ствола и снабженных замораживающими колонками. По замораживающим колонкам насосами прокачивают хладоноситель, охлажденный с помощью аммиачных или фреоновых холодильных машин до температуры — 20 °С. В результате этого вокруг каждой скважины образуются ледопородные цилиндры, которые затем смыкаются в кольцевое водонепроницаемое ограждение ствола, воспринимающее давление горных пород и гидростатический напор воды. Таким образом, ледопородный цилиндр упрочняет породы на время проходки ствола и является своеобразной временной крепью.

Проведение стволов с предварительным тампонирующим сильнопористых и трещиноватых водоносных пород может осуществляться с поверхности земли или из забоя ствола. Сущность способа заключается в бурении скважин, в которые нагнетают тампонажный раствор. При этом с поверхности вокруг запроектированного ствола бурят комплект вертикальных скважин, а из забоя проходимого ствола — наклонные скважины, выходящие

за его контур. С поверхности скважины бурят буровыми станками, а в забое — преимущественно тяжелыми бурильными машинами.

В качестве тампонажных растворов применяют цементные и глинопесчаноцементные. Тампонажные растворы нагнетают в скважины под давлением, превышающим в 2—3 раза гидростатическое давление подземных вод. Ствол проходят в затампонаженных породах после схватывания и затвердения тампонажного раствора.

Водонепроницаемость карстовых пород и пород с крупной трещиноватостью обеспечивается их глинизацией, при которой в породные массивы нагнетают водный раствор глины.

При наличии в породе крупных трещин, по которым со значительной скоростью перемещаются подземные воды, водонепроницаемость массивов достигается битумизацией, заключающейся в нагнетании в них расплавленного битума.

В сложных гидрогеологических условиях стволы разведочных шахт проходят преимущественно со специальной крепью или с предварительным дренированием породных массивов.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

При проведении стволов разведочных шахт, как и при проходке шурфов, забой располагается в подошве выработки, что обуславливает идентичность условий производства работ и сходство выполняемых технологических процессов. Сходство прослеживается при буровзрывных работах, погрузке и бадьевом подъеме горной массы на поверхность, в способах проветривания, возведения крепи и водоотлива. Однако в стволах эти работы сложнее, масштабнее и более механизированы.

Предшествующие проходке ствола подготовительные работы заключаются в расчистке и планировке промышленной площадки, устройстве подъездных путей к ней, отводе поверхностных вод, энергообеспечении, монтаже необходимого оборудования на поверхности и строительстве зданий.

В результате соответствующих геодезических работ на промышленной площадке фиксируют положение центра ствола и осей его сечения. Устье ствола обычно проходят с использованием автомобильных кранов. Устья стволов разведочных шахт закрепляют несгораемой крепью (бетоном) или деревянной крепью с огнестойким покрытием (торкретбетоном).

Над устьем ствола сооружают проходческий копер (рис. 16.5), в верхней части которого на подшивной площадке монтируют направляющие шкивы для канатов подъемной установки, а также шкивы для направляющих канатов и канатов для подвесного оборудования в стволе.

В средней части копра сооружают верхнюю приемную площадку, на которой монтируют разгрузочное устройство для опро-

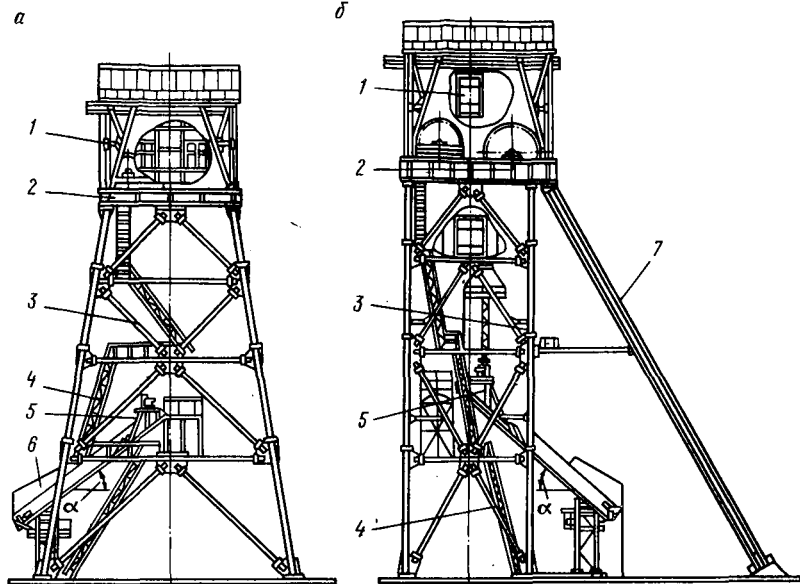


Рис. 16.5. Проходческий копер:

a — шатровый; *б* — укосный; 1 — надстройка; 2 — подшивная площадка; 3 — шатер; 4 — лестница; 5 — разгрузочное устройство; 6 — желоб; 7 — укосина

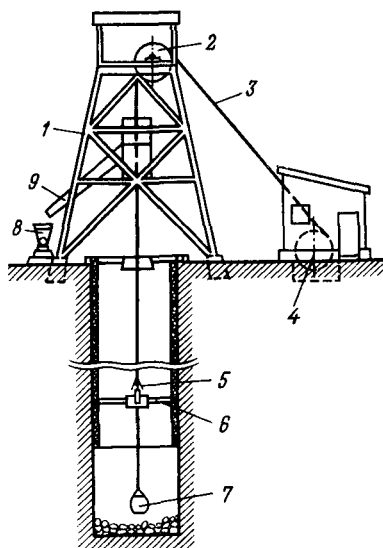


Рис. 16.6. Комплекс оборудования для подъема породы при проходке ствола

кидывания бадьи и наклонный желоб (по этому желобу выгруженная из бадьи горная масса перемещается в кузов самосвала или вагонетки). У основания копра вокруг устья ствола на уровне основной проходческой рамы сооружают нижнюю площадку, используемую для погрузки в бадьи и выгрузки из них оборудования, материалов, а также для спуска и подъема людей.

Устья ствола перекрывают предохранительной рамой, называемой «нулевой», которая изготавливается из двутавровых балок и листовой стали и имеет проемы для бадей, лестницы, труб и канатов. Рядом с копром сооружают здание, в котором монтируют подъемную машину с электрическим приводом. Кроме этого, около устья устанавливают проходческие лебедки, предназначенные для подвешивания в стволе полка, направляющих канатов, насоса, ставов труб и кабелей.

Схема комплекса оборудования, используемого в процессе проходки ствола для подъема породы и погрузки ее на поверхности, представлена на рис. 16.6. В комплекс включены копер 1 со шкивом 2 и канатом 3, подвесная лебедка 4, направляющая рамка 5, фиксирующая движение бадьи 7 между подвесным полком (натяжной рамой) 6 и разгрузочным устройством на копре, и наклонный желоб 9, по которому порода, высыпаясь из опрокидываемой бадьи, поступает в вагонетку 8.

После выполнения всех перечисленных монтажных и подготовительных работ приступают к проведению ствола.

С целью повышения безопасности проходческих работ призабойное пространство отделяют от расположенной выше части ствола подвесным металлическим полком (рис. 16.7). Полок предназначен не только для предохранения находящихся в забое людей от случайно упавших в ствол предметов, но и для крепления канатов, по которым скользит направляющая рамка вместе с перемещаемой по стволу бадьей, а также для подвешивания к нему грейферного погрузчика. Полок подвешивают на высоте не более 20 м над забоем и фиксируют в выработке с помощью выдвижных пальцев. В полке имеются проемы для бадей и труб, которые ограждают раструбами.

В процессе проходки ствола выемка некрепких пород может производиться отбойными молотками или вручную, при проходке пород средней крепости и крепких отбойку осуществляют с использованием взрывчатых веществ. Шпуры бурят тяжелыми переносными перфораторами (ПР-24ЛУ, ПР-30ЛУ и др.).

При значительной площади поперечного сечения выработки и большой ее глубине могут применяться подвесные бурильные установки.

Глубину шпуров часто выбирают в пределах от 2 до 3 м; комплекты шпуров применяют преимущественно с клиновыми врубами (рис. 16.8), реже используют пирамидальные, призматические и щелевые врубы.

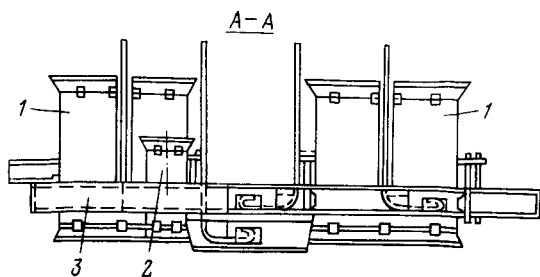


Рис. 16.7. Подвесной полки:
1, 5 — раструбы для бадей и вентиляционной трубы;
2 — раструбы для трубопроводов и отвеса; 3 — балки полки; 4 — выдвижные пальцы

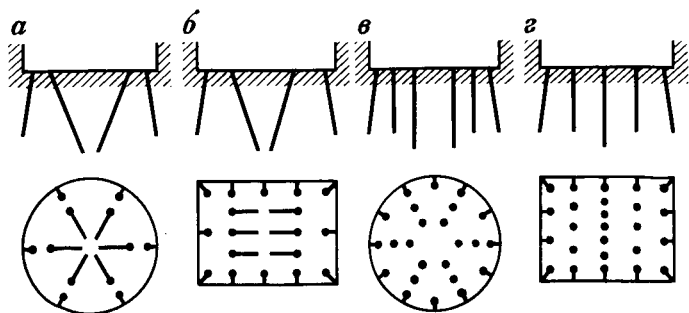
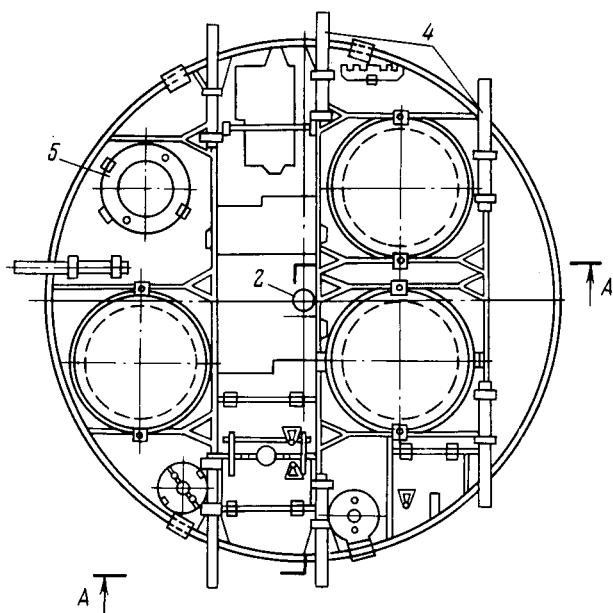


Рис. 16.8. Типы врубов в забоях стволов:

а — пирамидальный; б — клиновой; в — призматический; г — щелевой

В некоторых случаях зарядание шпуров механизмируют с помощью пневматических устройств — пневмозарядчиков.

Расход ВВ (кг) на один цикл

$$Q = Vq = Slq, \quad (16.1)$$

где V — объем обуренной породы, м^3 ; S — площадь поперечного сечения ствола в проходке, м^2 ; l — средняя глубина шпуров, м ; q — удельный расход ВВ, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Удельный расход ВВ, зависящий от крепости пород, работоспособности ВВ, диаметра патронов, плотности заряжания и площади поперечного сечения ствола, определяют по эмпирическим формулам или принимают по нормативам. Расчетным путем удельный расход ВВ обычно определяют по следующей формуле:

$$q = 2q_0 f_0 e m, \quad (16.2)$$

где q_0 — удельный расход ВВ, принимаемый по нормативам; f_0 — коэффициент структуры, для слоистых пород $f_0 = 1,3$, для вязких и пористых $f_0 = 2$; e — коэффициент, учитывающий работоспособность ВВ; m — коэффициент, $m = 32/d_n$; d_n — диаметр патрона.

При проходке стволов в крепких породах применяют скальный аммонит № 1, аммонал скальный № 3 и детонит М, в породах средней крепости основное применяемое ВВ — аммонит № 6ЖВ. Взрывать заряды разрешается только с поверхности или с вышележащего разведочного горизонта электрическим способом или детонирующим шнуром (в сухих забоях допускается электроогневой способ взрывания).

После взрывных работ выработку тщательно проветривают по нагнетательной схеме при помощи установленного на поверхности центробежного вентилятора с электроприводом и трубопровода (вентиляционные трубы подвешивают в стволе на канатах лебедок).

При проведении стволов прямоугольного сечения, относимых к первым трем типоразмерам, погрузка породы в бадьи — весьма трудоемкий процесс, так как из-за отсутствия соответствующего породопогрузочного оборудования она осуществляется вручную. Механизированная погрузка породы грейферными погрузчиками КС-3 производится в прямоугольных стволах с площадью поперечного сечения не менее $14,2 \text{ м}^2$ и в стволах круглой формы. Породу обычно поднимают в бадах вместимостью от $0,5$ до $0,75 \text{ м}^3$.

Грейферные погрузчики (рис. 16.9) подвешивают над забоем на канатах лебедок, установленных на расположенном выше подвесном полке. Для погрузки породы из разных точек забоя необходимо перемещать грейфер I в горизонтальной плоскости. При использовании небольших грейферных погрузчиков КС-3 это де-

ляется вручную с помощью водила 3, на котором расположены краны управления приводами закрытия и открытия лопастей грейфера и его подъема с помощью пневмоподъемника 2 над бадьей.

При проведении глубоких стволов диаметром более 4,5 м целесообразно применять более сложные и производительные погрузочные машины с механизированным перемещением грейферов.

Стволы разведочных шахт так же, как и шурфы, преимущественно закрепляют деревянной крепью (сплошной, на стойках и подвесной венцовой). После возведения крепи выработку армируют: разделяют площадь поперечного сечения на отделения, монтируют проводники, по которым перемещаются клетки, оборудуют лестничные отделения и т. п.

На рис. 16.10 представлен общий вид закрепленного сплошной крепью и армированного ствола.

При проходке преимущественно глубоких стволов круглой формы поперечного сечения их крепят бетоном. Такие стволы армируют профильной сталью. При незначительных водоприитоках воду из забоя удаляют в бадьях. Вода попадает в бадьи при ручной погрузке породы совковыми лопатами; при механизированной погрузке для наполнения бадей используют небольшие пневматические насосы (рис. 16.11), при водоприитоках более 15 м³/ч для водоотлива применяют подвесные проходческие центробежные насосы с электроприводами.



Рис. 16.9. Грейферный погрузчик КС-3:

1 — грейфер; 2 — пневмоподъемник; 3 — водило

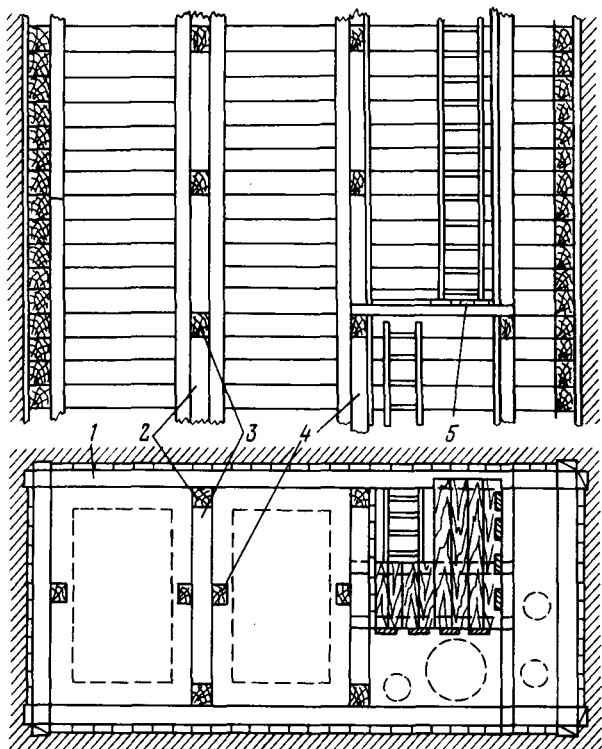
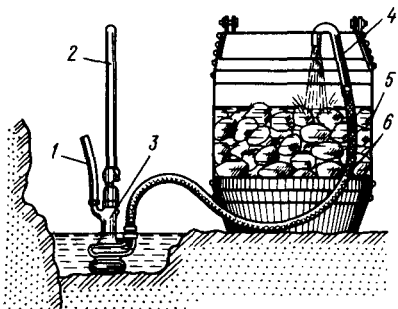


Рис. 16.10. Общий вид закрепленного и армированного ствола:

1 — венец; 2 — вандрут; 3 — расстрел; 4 — проводники; 5 — полук лестничного отделения

Рис. 16.11. Схема откачки воды насосом в бадью:

1 и 2 — шланги для отвода и подачи воздуха; 3 — пневматический насос; 4 — сливной патрубок; 5 — бадья; 6 — шланг для подачи воды



Стволы с диаметром в свету более 4 м целесообразно проводить с использованием комплексной механизации всех основных процессов проходческого цикла. С помощью комплексов оборудования для проходки стволов обеспечиваются механизация бурения шпуров, погрузки породы, возведение крепи с полной технологической увязкой с подъемом, вентиляцией и водоотливом, в результате чего достигаются высокие технико-экономи-

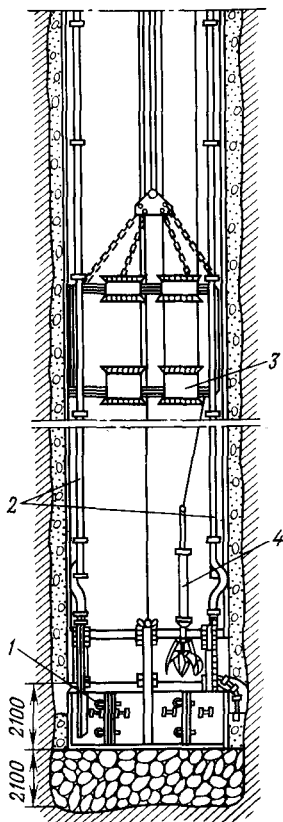


Рис. 16.12. Комплекс проходческого оборудования КБ-1:

1 — опалубка для возведения бетонной крепи; 2 — бетонопровод; 3 — подвесной полук; 4 — грейферный погрузчик

ческие показатели. Для проходки стволов разведочных шахт глубиной до 300 м могут быть рекомендованы комплексы КБ-1 (рис. 16.12) и ОСК, для стволов глубиной от 300 до 700 м — комплексы КС-2ц и 2КС-2ц.

В неустойчивых, водообильных и плавучих породах проходка стволов обычным способом становится дорогим и непроизводительным процессом, а в отдельных случаях опасным или даже неосуществимым. В этих условиях пользуются специальными способами проходки.

Бурение стволов, как и бурение шурфов, — прогрессивный способ проходческих работ. Одна из установок для бурения стволов шахт представлена на рис. 16.13.

При проведении ствола до первого разведочного горизонта и при рассечке сопряжения с выработками этого горизонта завершают работы по его армированию, прокладывают трубопроводы, энергетические коммуникации и линии связи. В тех случаях, когда ствол был запроектирован для клетового подъема, проводится реконструкция подъемных отделений с заменой бадей на клетки; на поверхности переоборудуют верхнюю и нижнюю приемные площадки с прокладкой необходимых рельсовых путей. В некоторых случаях копры, предназначенные только для проходки ствола, подлежат замене на копры, приспособленные для функционирования поверхностных сооружений разведочной шахты. Иногда это сопровождается сооружением эстакады, по которой горная масса из подземных выработок перемещается непосредственно в отвал.

Средняя скорость проведения стволов разведочных шахт невысока и составляет около 20 м/мес, максимальная достигнутая скорость превышает 60 м/мес.

Проходческие бригады разделяются на звенья, работающие

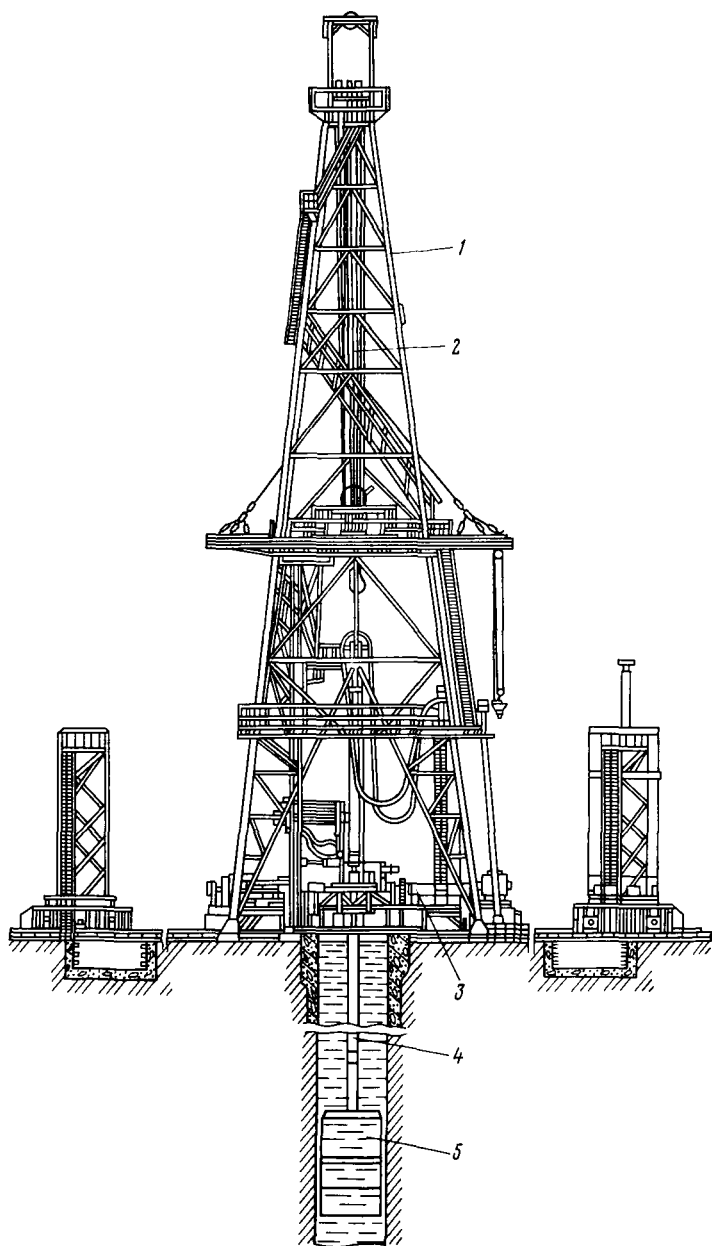


Рис. 16.13. Установка для бурения стволов:

1 — буровая вышка; 2 — талевая система; 3 — буровая лебедка; 4 — колонна бурильных труб; 5 — колонковый бур

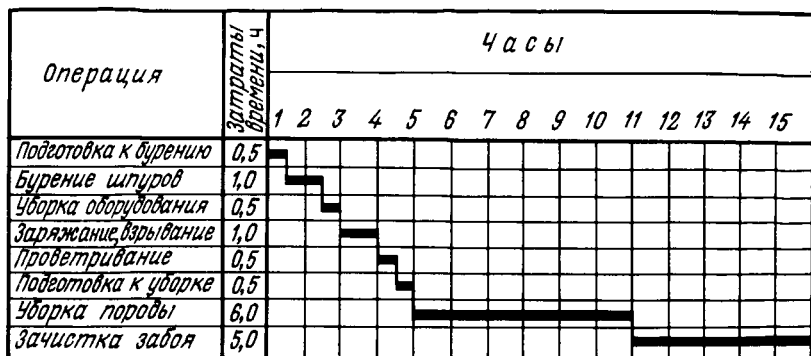


Рис. 16.14. График организации работ при проходке ствола

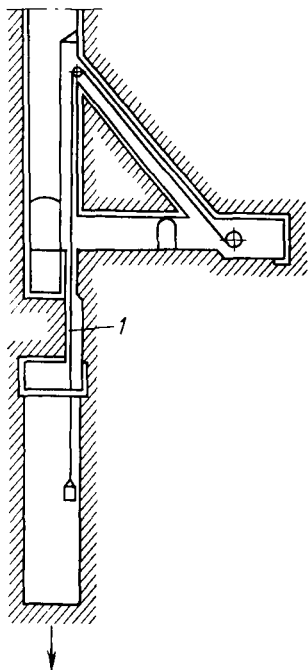
посменно; наибольшая эффективность проходки достигается при работе по бригадному подряду. На рис. 16.14 представлен один из графиков организации проходки ствола прямоугольной формы с площадью поперечного сечения 14 м^2 , осуществляемой непрерывно в четыре шестичасовые смены.

Комплект шпуров (число 56, глубина 1,5 м) бурили четырьмя—шестью перфораторами марки ПР-30 ЛЦ, породу убрали грейферным погрузчиком КС-3 в бады вместимостью $0,75 \text{ м}^3$. Работы по возведению сплошной венцовой крепи и армированию производились после проходки ствола на глубину 7 м (расстояние между основными венцами). Затрачиваемое время составляло примерно 1 сут.

При разделении разведываемого месторождения на разведочные горизонты их можно вскрывать одновременно или чаще последовательно; при последовательном вскрытии углубляют ранее пройденные стволы, не приостанавливая подъема горной массы, поступающей из выработки вскрытого разведочного горизонта. При этом под зумпфом ствола, обслуживающего действующий разведочный горизонт, оставляют временный предохранительный целик, отделяющий углубляемую часть ствола (вместо предохранительного целика может быть сооружен предохранительный полук).

Ствол углубляют по двум схемам (рис. 16.15) через лестничное отделение ствола 1 или через специально пройденный гезенк 2 с рассечкой 3. Для подъема горной массы из углубляемого ствола на вскрытый разведочный горизонт используют небольшие подъемные установки (подъем по гезенку целесообразно производить в клети). По окончании углубки ствола до высотной отметки следующего разведочного горизонта по рассечке сопряжения его с околоствольным двором извлекают предохранительный целик и переоборудуют выработку.

а



б

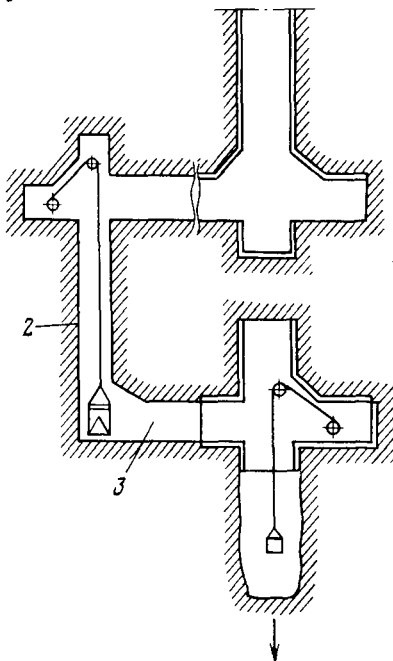


Рис. 16.15. Схема углубки стволов через лестничные отделения (а) и гезенк (б):
1 — лестничное отделение ствола; 2 — гезенк; 3 — рассечка

Техническая документация при проведении стволов глубиной более 50 м — проект и рабочие чертежи, разработанные проектной организацией. Буровзрывные работы, крепление и проветривание осуществляются в соответствии с паспортами, утвержденными главным инженером экспедиции.

Ликвидацию стволов проводят аналогично ликвидации шурфов: они подлежат засыпке или в них устанавливают прочные (преимущественно железобетонные) полки — один на поверхности, другой на глубине не менее 10 м, пространство между полками должно быть засыпано породой.

Стволы шахт часто подлежат временной консервации, при этом их устья перекрывают прочным, преимущественно металлическим, настилом с лядами, оборудованными надежными замками.

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Разнообразие горизонтальных выработок — штолен, квершлагов, штреков и рассечек определяется различием их назначений при разведке месторождений и характеризуется особенностями проходческих операций. Тем не менее в целом технологические процессы проведения всех этих выработок похожи, и возможно совместное рассмотрение вопросов их проходки. На стадиях поисково-разведочных работ в гористой местности проходят короткие штольни, а в равнинной местности — рассечки из неглубоких шурфов.

Однако основные работы по проведению подземных горизонтальных горных выработок развертываются при детальной и эксплуатационной разведке месторождений: проходка штолен обязательно сочетается с проведением штреков и часто рассечек, при вскрытии разведочных полей шахтными стволами проходят квершлаг (квершлаг может проходиться и при штольневых вариантах вскрытия) и штреки; из штреков и восстающих, как и из шурфов, могут проходиться рассечки. Таким образом, подземные горизонтальные выработки используют в качестве вскрывающих (штольни, квершлаг) и собственно разведочных (штреки, рассечки) выработок. На некоторых месторождениях комплекс горно-разведочных работ может состоять только из проведения горизонтальных подземных выработок (в них включаются работы по составлению геологической документации и опробированию). Следует также учитывать, что при строительстве горных предприятий или эксплуатации месторождений пройденные в процессе разведки горизонтальные выработки используют чаще, чем другие разведочные выработки.

Параметры горизонтальных подземных выработок могут быть довольно различными. Так, длина поисковой штольни может измеряться несколькими метрами, в то время как длина штольни, пройденной при детальной разведке, иногда достигает 3 км и более, длина квершлагов и штреков составляет десятки и сотни метров, а рассечек, как правило, 10—20 м. Основные формы поперечного сечения горизонтальных выработок — трапециевидная и прямоугольно-сводчатая (ГОСТ 22940—78).

Трапециевидную форму выбирают при проведении выработок с деревянной крепью, прямоугольно-сводчатую форму придают выработкам, проходимым без крепления или закрепляемым другими видами крепи. Размеры поперечного сечения выработок в свету принимаются минимальными, обеспечивающими возмож-

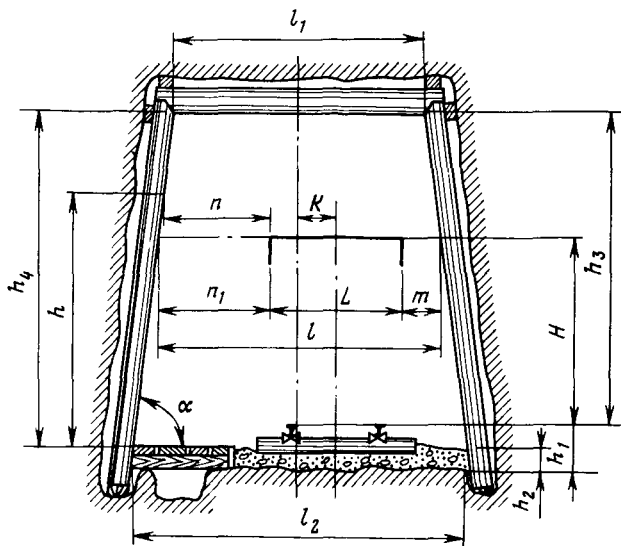


Рис. 17.1. К расчету размеров поперечного сечения выработки трапецевидной формы

ность механизации уборки горной массы, безопасность работ и нормальные условия труда. При проведении выработок с креплением размеры поперечного сечения этих выработок увеличивают на толщину крепи (а при деревянной крепи, кроме того, на величину зазоров между элементами крепи и породным массивом).

Площади поперечного сечения в свету выработок трапецевидной формы принимают в пределах от 2 до 9,2 м², прямоугольно-сводчатой формы — от 2 до 8,8 м², а вчерне — соответственно от 2,6 до 11,6 и от 2 до 9,9 м². Такие различия в площадях поперечного сечения горизонтальных подземных выработок объясняются в основном тем, что в выработках разной длины оборудование, используемое для уборки и транспортировки горной массы, отличается своими габаритами, а безопасная эксплуатация этого оборудования требует оставления различной ширины зазоров и проходов у боковых стенок выработок. Для проведения выработок значительной длины размеры оборудования увеличиваются, что приводит к увеличению площадей поперечного сечения выработок; с увеличением последних возрастают также размеры конструктивных элементов крепи.

При значительной длине выработки горную массу транспортируют в вагонетках по рельсовым путям, которые вместе с балластным слоем обуславливают увеличение площади поперечного сечения выработки.

Рассмотрим порядок расчета площади поперечного сечения, для чего воспользуемся схемой выработки трапецевидной формы

(рис. 17.1). Исходными переменными размерами являются L и H — ширина и высота откаточного оборудования (электровоз или вагонетка). Ширина свободного прохода n между откаточным оборудованием и крепью на высоте $h=1800$ мм от трапа (балласта) принимается не менее 700 мм (n с некоторым приближением можно приравнять к n_1 — ширине прохода на уровне верхней кромки откаточного оборудования). Ширина зазора m принимается равной 250 мм. Исходя из этих величин определяют ширину выработки в свету на уровне откаточного оборудования: $l=L+n+m$. Расчет ширины выработки в свету по кровле l_1 и подошве на уровне балластного слоя l_2 рассчитывают по следующим выражениям:

$$l_1 = l - 2(h_4 - H - h_1 + h_2) \operatorname{ctg} \alpha, \quad (17.1)$$

$$l_2 = l + 2(H + h_1 - h_2) \operatorname{ctg} \alpha. \quad (17.2)$$

Площадь поперечного сечения выработки в свету определяют по формуле

$$S = \frac{l_1 + l_2}{2} h_4. \quad (17.3)$$

При определении размера h_4 следует иметь в виду, что высота выработки от головки рельса до крепи h_3 должна быть не менее 2000 мм. Площадь поперечного сечения выработки в черне рассчитывают с учетом диаметров элементов крепи, ширины зазоров между крепью и породным массивом и высоты балластного слоя.

Приведем обозначения типовых сечений горно-разведочных выработок, принятые в системе Мингео СССР (см. Методические

Т а б л и ц а 17.1. Площади поперечного сечения выработок, м²

Обозначение типовых сечений ¹	Форма поперечного сечения выработки				
	Трапецевидная			Прямоугольно-сводчатая	
	Сплошная крепь	Крепь враз- бежку с за- тяжкой кровли	Крепь враз- бежку с за- тяжкой кров- ли и боков	Без крепи	Бетонная крепь

Т-2,0; ПС-2,0	2,6	2,7	2,9	2,0	—
Т-2,8; ПС-2,7	3,7	3,8	4,0	2,7	—
Т-3,7; ПС-3,5	4,8	4,9	5,2	3,5	—
Т-4,4; ПС-4,2	5,7	5,8	6,1	4,4	4,7
Т-5,0; ПС-5,4	6,5	6,6	6,9	5,5	5,6
Т-8,3; ПС-8,2	10,7	10,9	11,2	8,7	9,2
Т-9,2; ПС-8,8	11,6	11,8	12,1	9,3	9,8

¹ Выработки типа Т сгруппированы с выработками типа ПС по применяемому транспортному оборудованию.

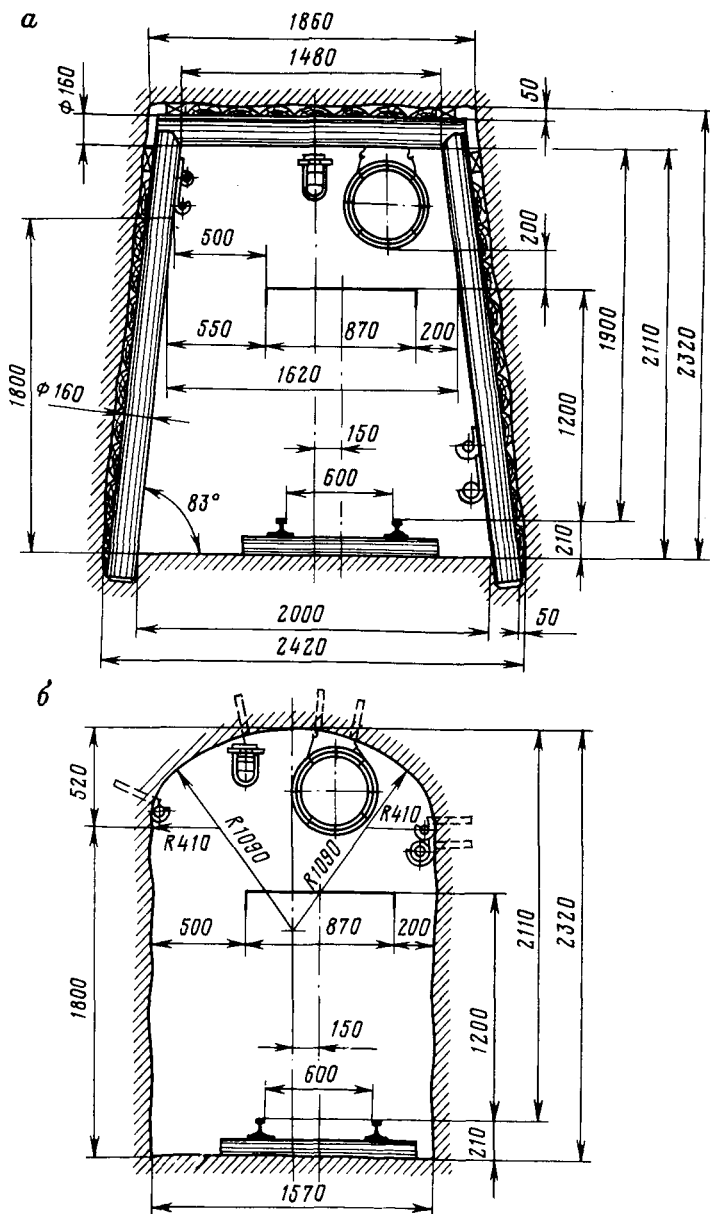


Рис. 17.2. Типовые сечения выработок Т-3,7 (а) и ПС-3,5 (б)

указания по выбору рациональных сечений подземных геолого-разведочных выработок, М., ЦНИГРИ, 1980).

В типовых сечениях трапециевидные выработки обозначаются индексом (буквой) «Т», прямоугольно-сводчатые — индексом «ПС» и цифрой, соответствующей площади поперечного сечения выработки в свету (м^2).

В табл. 17.1 приведены площади поперечного сечения выработок вчерне.

На рис. 17.2 представлены схемы типовых сечений выработок с указанием размеров, определяющих их площадь поперечного сечения вчерне, а также расположение вентиляционных труб и светильников.

Как следует из схем откаточных выработок, рельсовая колея прокладывается не по оси выработки, а параллельно ей на расстоянии K (см. рис. 17.1), чтобы с одной стороны выработки между ее стенкой и транспортным оборудованием оставался свободный проход для людей.

Сравнительно редко при разведке месторождений проходят выработки, в которых располагают две рельсовые колеи. В таких выработках рельсовые пути располагают симметрично оси выработки и с обеих сторон оставляют проходы для людей.

Двухпутевые выработки проходят при разведке месторождений преимущественно в околоствольных дворах и местах разминовок.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК

Технология проведения горизонтальных подземных выработок складывается из следующих основных процессов: отбойка породы, уборка горной массы, поддержание и проветривание выработки. Значение этих процессов в проходческом цикле и их трудоемкость меняются в зависимости от условий проведения горной выработки и ее параметров.

При проведении выработок в породах до IV категорий буримости процесс отбойки осуществляют иногда вручную или отбойным молотком (при этом с повышением крепости пород трудоемкость отбойки увеличивается и значение ее в проходческом цикле возрастает). В этих породах, характеризующихся часто невысокой устойчивостью, процесс крепления выработки занимает особое место (большое значение он приобретает в несвязных обводненных и плавучих породах). При проведении выработок в породах средней и выше средней крепости отбойка породы занимает длительное время и включает в себя буровые и взрывные работы (с увеличением крепости пород значение бурения шпуров и затраты времени на него возрастают). В крепких породах процесс поддержания выработок, сводящийся часто к прида-

нию выработке наиболее устойчивой (прямоугольно-сводчатой) формы поперечного сечения или к относительно простому креплению выработки, как правило, требует меньших затрат времени, т. е. значение его в цикле проходческих работ снижается.

Между параметрами выработки и процессом уборки из нее горной массы существует тесная взаимосвязь. Минимальные площади поперечного сечения отмечаются у коротких штолен и расщелин, что объясняется относительной простотой технологии уборки горной массы и компактностью используемых при этом устройств и оборудования. В выработках значительной длины в процесс уборки горной массы включается ее погрузка и транспортировка. В связи с этим значение и время, затрачиваемое на этот процесс, в проходческом цикле возрастают (необходимость использования в выработках погрузочно-транспортного оборудования неизбежно приводит к увеличению их поперечного сечения). Сложность процесса проветривания выработок зависит в наибольшей мере от их протяженности и технологии отбойки горных пород; в некоторых случаях существенное влияние на него оказывают газовыделения из породных массивов и интенсивность пылеобразования.

Подземные горизонтальные выработки в процессе их проведения и эксплуатации должны непрерывно проветриваться с помощью вентиляторов.

С увеличением длины выработок затрудняются подача в забой свежего и удаление из выработки обедненного кислородом и загрязненного воздуха. Отбойка породы с использованием ВВ связана с поступлением в рудничную атмосферу значительного количества газообразных продуктов взрыва, а также минеральной пыли; процессы погрузки и транспортировки горной массы сопровождаются интенсивным пылеобразованием. Выделение в выработку газов (метана, диоксида углерода, азота, радона и др.) требует интенсификации процесса проветривания. Помимо удаления пыли из рудничного воздуха за счет вентиляции в выработках при выполнении технологических процессов, связанных с образованием пыли, используют гидрообеспыливание воздуха или методы сухого пылеулавливания.

Вода, поступающая в горизонтальную выработку из породных массивов или при выполнении технологических процессов, удаляется из нее по канавкам, которые устраивают в подошве выработки (из штолен вода вытекает непосредственно на земную поверхность, из других горизонтальных выработок поступает к стволам шахт или шурфам, оборудованным водоотливными установками).

Разновидностью горизонтальных выработок являются камерные выработки.

При разведке месторождений подземными горными выработками на разведочных горизонтах проходят камеры. Отличие этих

выработок от вертикальных, горизонтальных и наклонных — небольшая разница между их размерами по длине, высоте и ширине и различные формы в поперечном сечении. Эти особенности камерных выработок приводят, например, к необходимости при их проведении сочетать технологии, характерные для проходки горизонтальных и восстающих выработок, причем условия механизации проходческих работ осложняются и доля ручного труда возрастает. В разведочных шахтах камерные выработки предназначены для установки в них машин, транспортно-погрузочных операций, хранения оборудования или материалов и т. д.

Комплекс камерных и транспортных выработок, располагающихся около ствола на уровне разведочного горизонта, называют околоствольным двором. Основные камеры околоствольного двора разведочной шахты следующие: камеры сопряжения ствола с горизонтальными выработками, камеры водоотливной установки, электровозного депо, подземного склада ВМ и более мелкие — камеры ожидания, электроподстанции и механических мастерских. Все камеры околоствольного двора проходятся при вскрытии разведываемого месторождения, причем проходческие работы часто выполняют шахтостроительные организации. В процессе разведочных работ на горизонте из штреков или расщелей проходят сравнительно небольшие камерные выработки с целью установки буровых станков для подземного бурения разведочных скважин.

Рассмотрим особенности проведения перечисленных камерных выработок.

Высоту сопряжения ствола с околоствольным двором определяют исходя из условия возможности введения в камерную выработку длинномерных материалов (рельсы, буровые трубы и пр.), спускаемых на разведочный горизонт по стволу (рис. 17.3). Минимальная высота сопряжения (м) может быть определена по следующему выражению:

$$h=0,7l-a,$$

где l — максимальная длина транспортируемых предметов, м; a — минимальный размер поперечного сечения ствола (в свету), м.

По мере удаления от ствола высота камеры сопряжения уменьшается до высоты откаточной выработки, длина камеры обычно составляет 3—4 м. В поперечном сечении камере сопряжения придают прямоугольную или прямоугольно-сводчатую форму. Сопряжение, как правило, проходят одновременно с проведением ствола при полном или частичном совмещении проходческих работ. При устойчивых породах камеру сопряжения можно проходить сплошным забоем, в неустойчивых породах проходка камер сопряжения осложняется — значительная высота и довольно большая ширина (равная длинной стороне поперечного

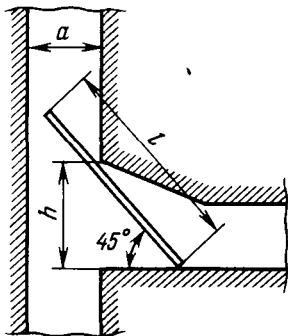


Рис. 17.3. Схема к определению высоты сопряжения

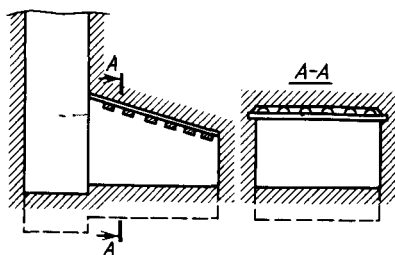


Рис. 17.4. Схема проходки камеры сопряжения слоями

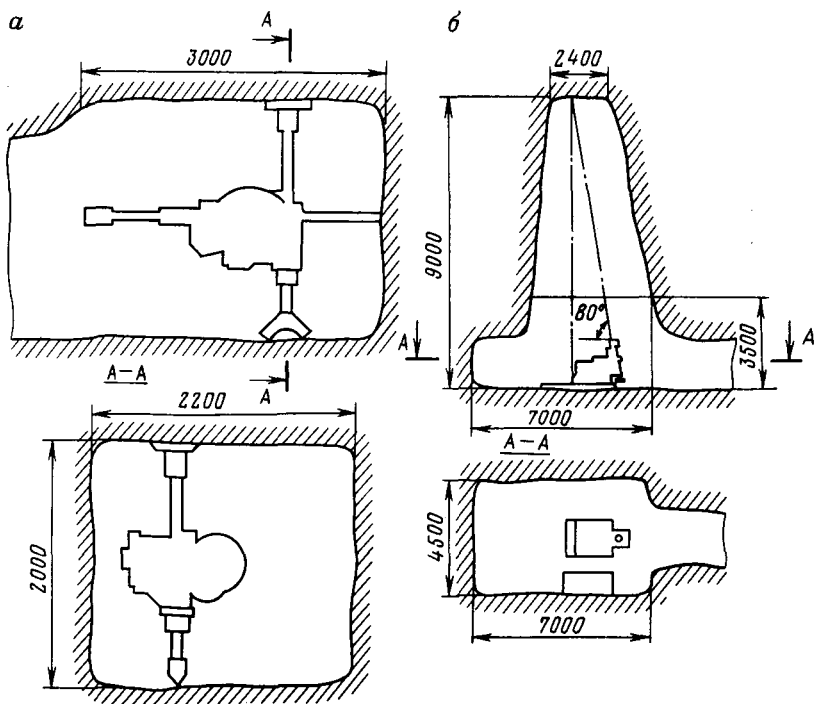


Рис. 17.5. Схема камеры для бурения разведочных скважин:
а — горизонтальных; б — вертикальных и наклонных

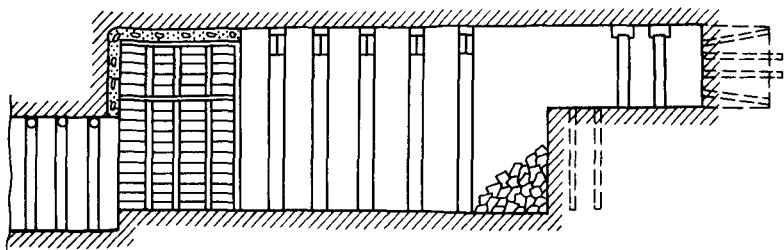


Рис. 17.6. Уступная форма забоя камеры

сечения ствола) затрудняют крепление выработки. В этих случаях камеру проходят слоями сверху вниз или независимыми забоями. Схема проходки камеры слоями представлена на рис. 17.4. При незначительных размерах камер сопряжения по ее горизонтальной оси проходят передовую выработку небольшого сечения с последующим расширением.

В процессе проходческих работ шпурь бурят переносными перфораторами, породу убирают обычно вручную; выработку крепят деревом, набрызг-бетоном или монолитным бетоном.

На рис. 17.5, а представлена схема камерной выработки для бурения горизонтальных разведочных скважин: размеры камеры невелики, и технология ее проходки ничем не отличается от проведения горизонтальной подходной выработки.

Схема камеры для бурения вертикальных и наклонных скважин изображена на рис. 17.5, б, технология проходки таких камер несколько усложняется: первоначально проходят машинный зал камеры с большей, чем подходная выработка, площадью поперечного сечения, причем забою выработки нередко придают уступную форму (рис. 17.6). По завершении проходки машинного зала проводят шатровую часть выработки для размещения в ней копра или восстающей с целью монтажа талевого оснастки. Машинный зал при необходимости крепят крепежными рамами, шатровую часть крепят распорной или венцовой крепью.

Операции уборки горной массы, проветривания выработки в процессе проходки и водоотлива выполняются в соответствии с изложенной ранее технологией проходки горизонтальных выработок и восстающих. Для уборки породы обычно используют скреперные установки, вентилируется выработка преимущественно по нагнетательной схеме.

§ 3. БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ПРОХОДЧЕСКОМ ЗАБОЕ

Буровзрывные работы применяют почти во всех случаях проходки горизонтальных подземных выработок за исключением проведения преимущественно коротких штолен и рассечек в малосвязных

или мягких породах или иногда при проведении выработок значительной протяженности в породах ниже средней крепости с использованием отбойных молотков.

На буровзрывные работы часто затрачивают 50—70 % времени проходческого цикла, поэтому совершенствование процесса этих работ представляет особую актуальность.

Оборудование для бурения шпуров выбирают в зависимости от крепости пород и параметров (в основном площади поперечного сечения) горной выработки. Кроме того, учитывают также масштабы горно-разведочных работ, их энерговооруженность и возможность доставки машин на промышленную площадку. Шпуры в породах IV—X категорий буримости могут буриться ручными и колонковыми электросверлами, причем колонковые электросверла рекомендуют к применению при проведении выработок большого сечения в породах повышенной крепости. При этом к существенным преимуществам вращательного бурения относятся значительные скорости бурения шпуров, снижение энергетических затрат и удобное экономное электроснабжение бурильных машин в забоях.

Однако наиболее широкое распространение при проведении горизонтальных выработок получили переносные пневматические перфораторы различных типов.

При отсутствии на месте производства работ источников энергии (например, при проходке штолен небольшой протяженности в процессе поисков или предварительной разведки месторождений) для бурения шпуров рекомендуется использование мотоперфораторов. Следует учитывать, что выхлопные газы мотоперфоратора необходимо отводить из выработки по шлангу и, кроме того, забой штольни интенсивно проветривать.

Снижение затрат времени на бурение шпуров может быть обеспечено за счет обуривания забоя одновременно несколькими бурильными машинами. Рекордные скорости проведения горизонтальных выработок со значительной площадью поперечного сечения (более 10 м²) достигались за счет обеспечения бурильными машинами (из расчета один перфоратор на 0,9—1,1 м² забоя). При малых площадях поперечного сечения разведочных выработок количество одновременно работающих бурильных машин следует, исходя из удобства и рациональной организации работ, принимать таким, чтобы на один перфоратор приходилось не менее 1,8—2,8 м² площади забоя. Облегчение и интенсификация бурения шпуров достигается при использовании бурильных машин в комплекте с установочными устройствами: пневматическими поддержками, колонками, навесным оборудованием буровых установок.

Простейшие установочные устройства для переносных перфораторов — пневмоподдержки (П-8 и др.), они легки, компактны и могут применяться в выработках малого сечения. Различные

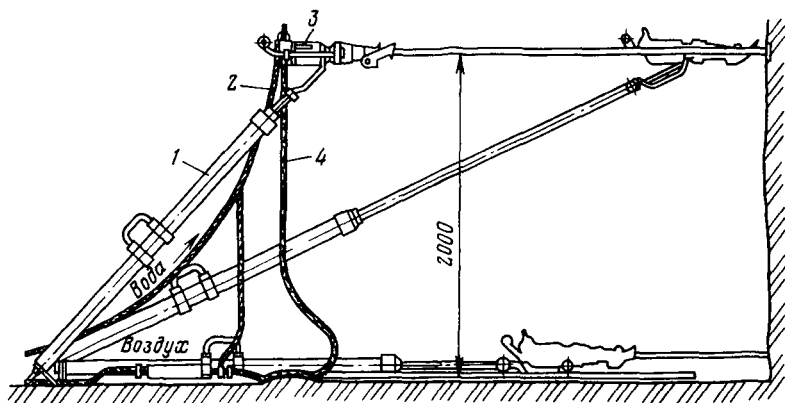


Рис. 17.7. Различные положения перфоратора с пневмоподдержкой при бурении шпуров в горизонтальной выработке:

1 — пневмоподдержка; 2 — воздушный шланг; 3 — перфоратор; 4 — шланг для подачи воды

рабочие положения перфоратора с пневмоподдержкой в забое выработки представлены на рис. 17.7.

При бурении с пневмоподдержкой бурильщик фиксирует перфоратор в нужном положении. В отличие от пневмоподдержек распорные колонки типа УПБ и ЛКР оборудуются податчиком перфоратора на забой, при этом снижается влияние вибрации на бурильщика.

Колонковые электросверла и перфораторы устанавливают на распорных колонках типа КЭБ и ВК.

В выработках со значительной площадью поперечного сечения целесообразно бурить шпур с использованием навесного оборудования — манипуляторов типа МБН, устанавливаемых на погрузочной машине. На манипуляторах монтируют перфораторы или электросверла.

Бурильные установки (каретки) типа СБКН на пневмошинном и рельсовом ходу находят применение при проведении выработок с большой площадью поперечного сечения в крепких породах; экономическая целесообразность использования бурильных установок проявляется при значительных годовых объемах проходческих работ (не менее 2000 м выработок).

Комплект шпуров в проходческом забое состоит из врубовых и оконтуривающих шпуров. При значительных размерах сечения и повышенной крепости пород в него включают вспомогательные шпур, назначение которых заключается в отбойке в сторону вруба возможно большего количества породы (в отличие от врубовых вспомогательные и оконтуривающие шпур называют отбойными).

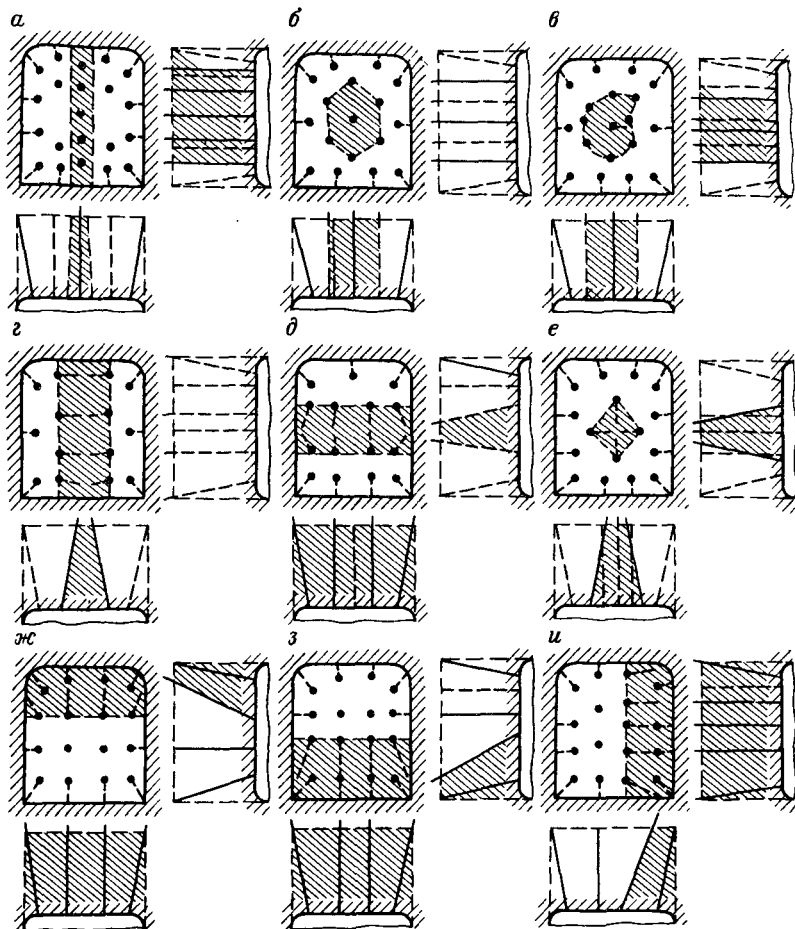


Рис. 17.8. Схемы комплексов шпуров с различными врубами:

а — щелевым; б — призматическим; в — спиральным; г — клиновым вертикальным; д — клиновым горизонтальным; е — пирамидальным; ж — верхним; з — нижним; и — боковым

Средняя глубина шпуров составляет 1,5—1,8 м, диаметр — 36—45 мм.

Схемы расположения шпуров в забое выработки отличаются в основном типом вруба (расположением врубовых шпуров, определяющих форму образующейся полости при их взрывании).

Наиболее часто применяемые схемы расположения шпуров представлены на рис. 17.8 (на схемах зоны разрушения породы врубовыми шпурами заштрихованы).

На рис. 17.4, а, б, в приведены схемы с прямыми врубами, характеризующиеся тем, что врубовые шпуров расположены перпендикулярно к поверхности забоя. Прямые врубы удобны для бурения врубовых шпуров в выработках небольшого сечения. Иногда один шпур прямого вруба оставляют незаряженным, он выполняет роль дополнительной поверхности обнажения для соседних шпуровых зарядов.

Комплекты с наклонными, направленными друг к другу врубовыми шпурами (рис. 17.4, г, д, е) довольно широко распространены в практике горных работ, однако из-за неудобства бурения наклонных врубовых шпуров они применяются в выработках с площадью поперечного сечения преимущественно более 5 м².

Шпуровые комплекты (рис. 17.4, ж, з, и) имеют врубы, образуемые с одной стороны наклонными врубовыми шпурами, а с другой — породами, ярко выраженная трещиноватость или слоистость которых облегчает отбойку.

Врубовые шпуров обычно бурят длиннее других шпуров комплекта на 0,2—0,3 м. Количество шпуров в забое определяют по формуле

$$N = qS/\gamma, \quad (17.4)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³; S — площадь поперечного сечения выработки в проходке, м²; γ — масса ВВ, размещаемая на 1 м длины шпура, кг, при патронах диаметром 32 мм $\gamma_{\max} = 0,8$.

Удельный расход ВВ может выбираться в зависимости от коэффициента крепости пород и площади поперечного сечения выработки по данным, приведенным в табл. 17.2 (при производстве первых взрывов величина удельного расхода уточняется).

Ориентировочно число шпуров может определяться также исходя из коэффициента крепости пород f по формуле

$$n = 2,7\sqrt{f/S}, \quad (17.5)$$

где n — число шпуров на 1 м² площади забоя.

Таблица 17.2. Удельный расход аммонита № 6ЖВ в зависимости от коэффициента крепости пород и площади поперечного сечения

Коэффициент крепости пород f	Площадь поперечного сечения выработки в проходке, м ²			Коэффициент крепости пород f	Площадь поперечного сечения выработки в проходке, м ²		
	5	5—7	7—10		5	5—7	7—10
1	1,4	1,2	0,95	10—14	4,2	3,83	3,45
2—3	1,5	1,23	1,00	15—18	4,5	4,28	4,05
4—6	1,92	1,74	1,55				
7—9	3,0	2,73	2,45	19—20	5,0	4,75	4,5

Расход ВВ на цикл определяется по формуле

$$Q = qV, \quad (17.6)$$

где V — объем обуренной породы, м^3 .

При определении массы ВВ, размещаемой на 1 м длины шпура, следует учитывать, что коэффициент заполнения шпура в забоях горизонтальных выработок принимается равным 0,5—0,65. Оставшаяся после зарядки свободная устьевая часть шпура заполняется забойкой. Шпуры обычно заряжают вручную, при большом количестве шпуров в комплекте возможна механизация этой операции с использованием пневмозарядчиков.

Заряды взрывают огневым, электроогневым или электрическим способом. При огневом способе взрывание более 16 шпуров разрешается только с использованием зажигательного патрона.

§ 4. УБОРКА ГОРНОЙ МАССЫ ИЗ ВЫРАБОТОК

По трудоемкости и затратам времени уборке породы следует отвести второе место среди технологических процессов проходческого цикла. Простейшие способы уборки характерны для коротких штолен, проходимых в процессе поисков и предварительной разведки месторождений, а также рассечек. Ручная уборка (перелопачивание, перевозка в тачках) малопроизводительна и может быть рациональной в выработках, длина которых не превышает 10 м. На рис. 17.9 представлены схемы скреперной уборки породы из штолен и рассечек. При такой уборке, как и при ручной, площадь поперечного сечения выработок может быть минимальной (типовые сечения выработок Т-2,0, Т-2,8, ПС-2,0 и ПС-2,7).

При проведении выработок значительной длины уборка горной массы осуществляется с погрузкой ее в вагонетки и откаткой последних по рельсовым путям, непосредственно на поверхность по штольне или к стволу шахты по квершлагам. Вместимость применяемых для транспортировки горной массы вагонеток обычно невелика и составляет 0,4—0,8 м^3 ; сравнительно редко применяют вагонетки вместимостью 1 и 1,2 м^3 .

Ручная (лопатами) погрузка горной массы в вагонетки, осуществляемая преимущественно в коротких рассечках, связана со значительными затратами труда и времени, облегчение и интенсификация погрузки достигаются при настилке стальных листов на подошву призабойной части выработки перед отбойкой породы.

Схема скреперной погрузки горной массы в вагонетки представлена на рис. 17.10. Передвижные скреперные платформы (погрузчики) обычно изготовляют в мастерских геологоразведочных партий и экспедиций; они компактны и, как правило, не влияют на размеры поперечного сечения выработки в свету.

Применяют преимущественно скреперы гребкового типа

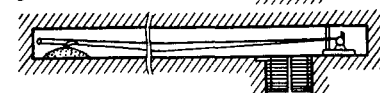
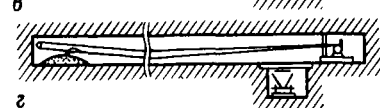
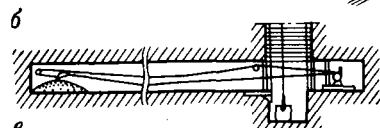
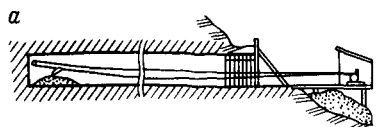
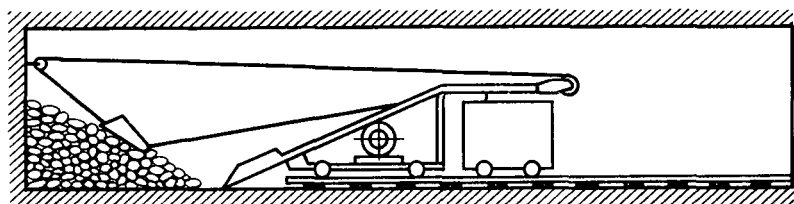


Рис. 17.9. Схемы скреперной уборки породы:

а — в короткой штольне; б, в, г — в расщелье, пройденной соответственно из шурфа, горизонтальной выработки и восстающего

Рис. 17.10. Схема погрузки породы в вагонетки с использованием скреперной платформы



вместимостью 0,1 и 0,25 м³ (СГ-0,10; СГ-0,25); скреперные лебедки имеют электрический привод небольшой мощности.

Типоразмер	6ЛС-2	10ЛС-2	17ЛС-2
Мощность, кВт	5,5	10,0	17,0
Тяговое усилие, Н	600	1000	1600
Средняя скорость движения каната, м/с	0,85	1,31	1,31
Канатоемкость барабана лебедки, м	50	45—60	80
Масса, кг	370	526	800

При расчете производительности скреперной погрузки горной массы в вагонетки следует учитывать затраты времени на замену загруженных вагонеток порожними.

Для удобства технологических расчетов производительность погрузки определяют не в объеме разрушенной породы, а в объеме породы в массиве.

Производительность скреперной погрузки горной массы в вагонетки (м³/ч), рассчитываемую в плотной массе породы, определяют по формуле

$$A_c = \frac{3600 V_{\text{в}} K_{\text{н.в}}}{\frac{K_p V_{\text{в}} K_{\text{н.в}}}{V_c K_{\text{н.с}}} \left(\frac{l}{v_p} + \frac{l}{v_x} + t_n \right) \frac{2L}{v_c}}, \quad (17.7)$$

где $V_{\text{в}}$, V_c — вместимость соответственно вагонетки и скрепера, м^3 ; $K_{\text{н.в}}$ — коэффициент наполнения вагонетки (0,85—0,9); K_p — коэффициент разрыхления породы; $K_{\text{н.с}}$ — коэффициент наполнения скрепера, принимаемый равным 0,5—0,7 для скальных и 0,6—0,8 для сыпучих пород; l — средняя длина скреперования, принимаемая равной половине наибольшего расстояния от забоя до скреперной платформы, м; v_p и v_x — скорость соответственно рабочего и холостого хода скрепера, м/с; t_n — продолжительность паузы на изменение хода скрепера, $t_n = 5—10$ с; L — среднее расстояние от места загрузки вагонетки до пункта ее обмена на порожнюю, м; v_c — средняя скорость перемещения вагонеток в процессе их обмена, м/с, $v_c = 0,6$ м/с.

При этом значение коэффициента разрыхления для малосвязных пород может приниматься от 1,2 до 1,35; для скальных некрепких пород — 1,35—1,45, для пород средней крепости — 1,4—1,5, а для крепких пород — 1,45—1,6.

Погрузочные машины — удобное и эффективное средство погрузки горной массы в вагонетки при проведении горизонтальных горных выработок.

Характеристики наиболее распространенных пневматических погрузочных машин на рельсовом ходу приводятся ниже.

Технические характеристики погрузочных машин

Марка погрузочной машины	ППН-1С	ППН-2Г
Техническая производительность, $\text{м}^3/\text{мин}$	0,8	1,0
Вместимость ковша, м^3	0,2	0,32
Мощность двигателей, кВт	17,7	36,8
Габаритные размеры, мм:		
длина	2250	2600
ширина	1320	1450
высота		
в процессе работы	2250	2550
транспортная	1500	1750
Масса, т	3,5	5,0

При высокой технической производительности погрузочной машины значение второстепенных факторов возрастает, поэтому, определяя эксплуатационную производительность погрузки, их необходимо учитывать. Формула для расчета эксплуатационной производительности машинной погрузки ($\text{м}^3/\text{ч}$) приведена ниже:

$$A_{\text{п.м}} = \frac{60}{K_p \left(\frac{K_k}{A_r} + t_b + \frac{2L}{60 V_{\text{в}} K_{\text{н.в}} v_c} \right)}, \quad (17.8)$$

где K_k — коэффициент, учитывающий крупность кусков и крепость породы, $K_k = 1,05 \div 1,2$ (большие значения принимают для пород высокой крепости); A_t — техническая производительность погрузочной машины, $\text{м}^3/\text{мин}$; t_v — удельные затраты времени на вспомогательные операции, $t_v \approx 1,2 - 2 \text{ мин}/\text{м}^3$ (большие значения принимают при увеличении ширины выработки).

С увеличением значения L эксплуатационная производительность погрузки существенно снижается, поэтому наибольшее расстояние до обменного пункта обычно устанавливают равным 50 м. Пункт обмена вагонеток устраивают в местах пересечения горизонтальных выработок (например, штрека с рассечками) или в специально сооружаемых разминовках, в которых прокладывают две рельсовые колеи.

Повышение эксплуатационной производительности машинной погрузки может быть обеспечено за счет уменьшения затрат времени на обмен вагонеток при использовании перегружателя — ленточного конвейера, перемещаемого по рельсовому пути вслед за погрузочной машиной. Под конвейером устанавливают несколько вагонеток.

Пункты обмена составов вагонеток располагают преимущественно в двухпутевых выработках на расстояниях 100 м и более.

Горную массу откатывают в вагонетках с неопрокидным или опрокидным кузовом.

Вагонетки с опрокидными кузовами чаще применяют в штольнях, горную массу из проходческих забоев к стволам шахт целесообразнее транспортировать в вагонетках с неопрокидным кузовом. Вагонетки с неопрокидным кузовом более надежны в эксплуатации, имеют меньшую массу и стоимость, однако для их разгрузки необходимо специальное разгрузочное оборудова-

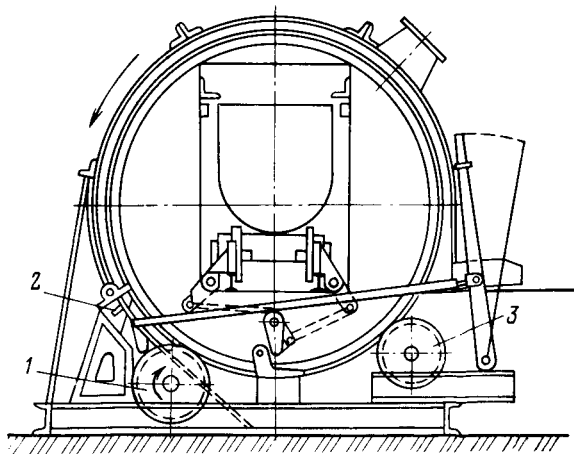


Рис. 17.11. Опрокидыватель вагонеток:

1, 3 — приводные и опорные ролики; 2 — тормозная система. Стрелками показано направление вращения

Таблица 17.3

Тип	Вместимость, м ³	Габаритные размеры, мм			Ширина колея, мм	Масса, кг
		Ширина	Высота	Длина		
С опрокидным кузовом	0,4	760	1150	1250	600	725
ВО	0,8	1000	1250	1900	600	1300
С неопрокидным кузовом	0,7	850	1220	1250	600	488
ВГ	1,0	850	1300	1500	600	509
	1,2	1200	1300	2950	600—750	780

ние — опрокидыватели, одна из конструкций которых представлена на рис. 17.11.

Технические характеристики используемых при геологоразведочных работах вагонеток приведены в табл. 17.3.

Вагонетки могут перемещаться по рельсовым путям вручную, с помощью лебедок и электровозами; в соответствии с этим различают ручную, канатную и электровозную откатку.

Ручную откатку обычно применяют при перевозке горной массы из проходческого забоя по подземным выработкам на расстоянии не более 400 м. В комбинации с электровозной откаткой она может использоваться при перевозке горной массы на небольшие расстояния, а также при многозабойной проходке выработок. В этих случаях вагонетки откатывают вручную в рассечках до рельсовых путей основной выработки. Полезный груз вагонеток при ручной откатке не должен превышать 0,75 т, скорость движения вагонеток составляет 0,6—1 м/с, сменная производительность ручной откатки — 1,2—2 т·км. При ручной откатке проходят выработки с типовым сечением Т-3,7 или ПС-3,5.

Канатная откатка, осуществляемая с помощью стальных канатов и лебедок, не получила применения в горизонтальных горно-разведочных выработках, так как она может быть приемлемой только при проходке прямолинейных выработок (при разведке эта откатка может использоваться для подъема, а в отдельных случаях и для спуска горной массы в вагонетках по наклонным выработкам).

Электровозная откатка получает все более широкое распространение при проведении горизонтальных подземных выработок большой протяженности.

Электровозы, используемые в подземных горных выработках, работают на постоянном токе; по способу питания электроэнергией они разделяются на контактные и аккумуляторные (рис. 17.12).

Аккумуляторные электровозы получают энергию от устанавливаемых на них аккумуляторных батарей, которые периодически заряжают; питание контактных электровозов электроэнергией осуществляется через контактный (троллейный) провод и рельсо-

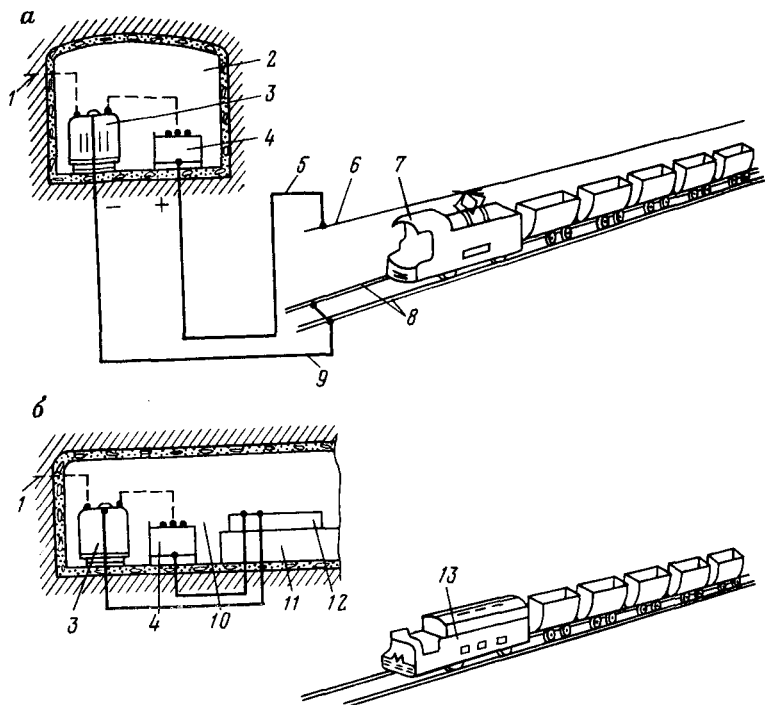


Рис. 17.12. Схема откатки вагонеток контактным (а) и аккумуляторным (б) электровозами:

1 — кабель высокого напряжения; 2 — камера подстанции; 3 — трансформатор; 4 — выпрямитель; 5 — питающий кабель; 6 — контактный провод; 7, 13 — контактный и аккумуляторный электровозы; 8 — рельсы; 9 — заземляющий контур; 10 — зарядная камера; 11 — зарядный стол; 12 — аккумуляторная батарея

вый путь. Необходимость навешивать троллейный провод и обеспечивать электрические соединения стыков рельсов усложняют процесс проведения горных выработок. Однако контактные электровозы более надежны в эксплуатации, отличаются простотой конструкции и экономичны. При проведении разведочных выработок, как правило (за исключением проведения выработок в процессе детальной или эксплуатационной разведки), применяют малогабаритные аккумуляторные электровозы.

Одним из основных технических показателей электровоза является его масса, приходящаяся на ведущие оси (сцепная масса), от нее зависит количество вагонеток в составе поезда, которое устанавливают исходя из условий достаточного сцепления колес электровоза с рельсами при трогании с места груженого состава, допустимого нагревания его двигателей и протяженности пути торможения.

Т а б л и ц а 17.4

Показатели	Аккумуляторные электровозы		Контактные электровозы	
	АК-2У	4,5АРП-2М	ЗКР-600	4КР
Сцепная масса, т	20	45	30	40
Число двигателей	1	2	1	2
Мощность одного двигателя, кВт	4,0	6,0	12,8	10,2
Напряжение, В	45	80	250	250
Тяговое усилие, кН	2,24	7,5	5,5	9,0
Скорость движения при часовом режиме, км/ч	3,95	6,44	8,00	5,50
Габаритные размеры, мм:				
ширина	900	1000	960	1000
высота	1210	1300	1400	1515
длина	2015	3300	2590	3120
Минимальный радиус вписывания, м	5	7	7	7

Технические характеристики аккумуляторных и контактных электровозов приведены в табл. 17.4.

Рельсовые пути, прокладываемые в горно-разведочных выработках, как правило, имеют ширину колеи (расстояние между внутренними гранями головок рельсов) 600 мм и продольный уклон в сторону откатки горной массы от 0,003 до 0,007. На пересечениях рельсовые пути соединяют с использованием поворотных плит и кругов или стрелочных переводов.

Выработки, по которым осуществляется ручная откатка вагонеток, имеют типовые сечения Т-3,7 или ПС-3,5 с безбалластным рельсовым путем, при электровозной откатке вагонеток выбирают в зависимости от параметров подвижного состава типовые сечения выработок — Т-4,4, ПС-4,2 или Т-5,0 и ПС-5,4.

В местах разминок или обмена вагонеток выработки оборудуют двумя путями, при этом исходя из габаритов подвижного состава выбирают типовые сечения Т-8,3, ПС-8,2 или Т-9,2 и ПС-8,8. Вагонетки, доставляемые к стволам шахт, в клетях поступают на поверхность, где разгружаются, затем вновь спускаются на разведочный горизонт и подаются в проходческие забои.

§ 5. ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫРАБОТОК

Сохранность выработки при устойчивых породах может обеспечиваться за счет придания ей соответствующей формы поперечного сечения — для горизонтальных выработок эту форму называют прямоугольно-сводчатой. Однако в подавляющем большинстве случаев горизонтальные подземные выработки необходимо крепить. Крепь, преимущественно деревянную, устанавливают в

выработках при недостаточной устойчивости пород; пересечения и сопряжения выработок закрепляют независимо от устойчивости пород. Широкое использование дерева в качестве крепежного материала обусловлено его сравнительно высокой прочностью, легкостью обработки и относительно небольшой стоимостью. К недостаткам деревянной крепи относятся ее недолговечность и огнеопасность.

Крепление горных выработок с использованием местных лесных материалов особенно целесообразно; из хвойных пород чаще всего применяют сосну, ель, лиственницу, пихту; из лиственных — ясень, бук и др. Для крепления не рекомендуется применять свежесрубленные деревья; целесообразно изготовлять крепь из сухого лесоматериала с содержанием влаги не более 10—15 %.

Небольшой срок службы крепи (от 6 мес до 5 лет) объясняется гниением; увеличение этого срока в 2—3 раза обеспечивается при пропитывании дерева противогниlostными веществами (водными растворами хлористого цинка или кремнистого натрия). Основные элементы крепи изготовляют из бревен диаметром 160—240 мм. Бревна также распиливают на брусья, шпалы и доски; остающиеся обрезки называют обаполами и при достаточной их толщине используют для крепления.

Основная конструкция деревянной крепи горизонтальных выработок — крепежная рама трапецевидной (с углом $\alpha = 80\text{--}85^\circ$) или реже прямоугольной формы (рис. 17.13); рама, состоящая из верхняка и двух стоек, называется неполной; в тех случаях, когда породы склонны к вспучиванию, раму дополняют четвертым элементом — лежнем и называют ее полной. Соединения стоек с верхняком, называемые замками, могут быть различными («в лапу», «в паз», «в шип»); соединения «в лапу» получили наибольшее распространение (рис. 17.14). В местах замкового соединения раму тщательно расклинивают деревянными клиньями.

При сравнительно устойчивой, но все же нуждающейся в упрочнении кровле крепь может состоять только из верхняков, заводимых в выемки боковых стенок выработки или укрепляемых в подвесках, которые вставляют в неглубокие пробуренные около кровли шпурь (рис. 17.15). Такую крепь называют бесстоечной, или потолочной.

В местах сопряжения двух горизонтальных выработок (например, штольни и рассечек) конструкцию крепи приходится изменять. При сопряжении выработок под прямым углом (рис. 17.16) в выработке, обычно имеющей большую площадь поперечного сечения, устанавливают крепежную раму 1, сооружаемую, как правило, из бревен большого диаметра, на эту раму укладывают верхняки полурам 2, каждая из которых имеет только одну стойку. При сопряжении выработок под острым углом в одной из них устанавливают камерную раму, а в другой вспомо-

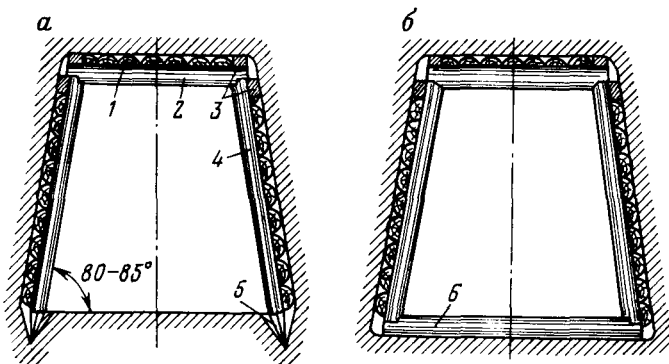


Рис. 17.13. Крепежные рамы:

a — неполная; *б* — полная; 1 — затяжка; 2 — верхняк; 3 — клинья; 4 — боковая стойка; 5 — лунка; 6 — лежень

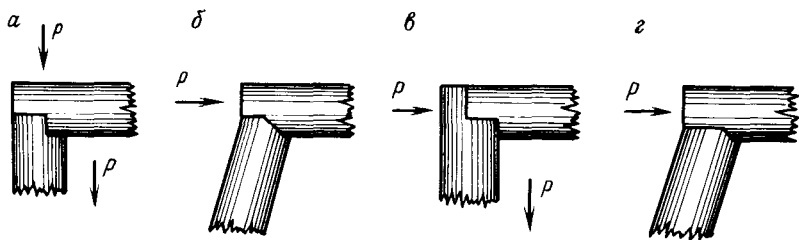


Рис. 17.14. Соединение элементов крепи «в лапу»:

a — при значительном давлении со стороны кровли; *б* — при давлении со стороны кровли и боков; *в* — при значительном давлении со стороны боков; *г* — при преобладающем давлении со стороны кровли

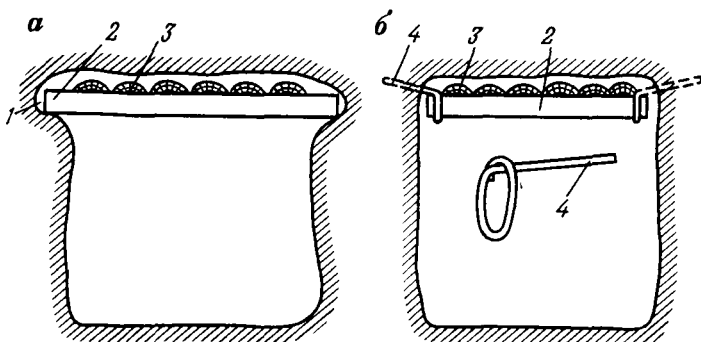


Рис. 17.15. Конструкции бесстоечной крепи:

a, *б* — верхняки, заведенные в выемки и укрепленные в подвесках соответственно; 1 — выемка; 2 — верхняк; 3 — затяжка; 4 — подвеска

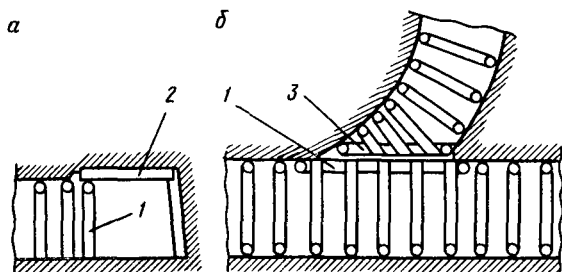


Рис. 17.16. Конструкции крепи в местах сопряжений горных выработок:

a — под прямым углом; *b* — под острым углом; 1, 3 — крепежная и вспомогательные рамы; 2 — верхняки полурам

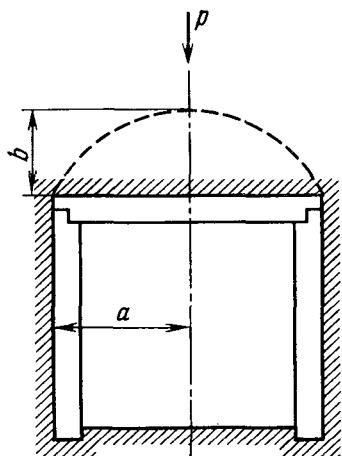


Рис. 17.17. Схема к расчету горного давления на крепь горизонтальной выработки

Пересечение выработок под прямым углом закрепляется двумя камерными рамами с располагающимися на них верхняками, а пересечение выработок под острым углом требует, кроме того, дополнительной установки двух вспомогательных рам.

Для расчета прочности основных элементов крепежной рамы используют формулы, в которых исходная величина передаваемой на крепь нагрузки определяется несколько условно.

Изложим одну из гипотез горного давления, воздействующего на кровлю горизонтальной выработки, предложенную М. М. Протодьяконовым. В соответствии с этой гипотезой над выработкой (при неустойчивой кровле, но достаточно устойчивых боковых стенках и подошве) образуется параболический свод естественного равновесия (рис. 17.17). Сводом воспринимается давление лежащих выше пород, и он перераспределяет их на породы боковых стенок выработки. При этом давление, оказываемое на крепь, приравнивается к весу породы, заключенной внутри свода; следовательно, величина горного давления, передаваемого на 1 м крепи, составит

$$p = S\rho, \quad (17.9)$$

где S — площадь поперечного сечения свода, при параболической его форме $S = 2/3 \cdot 2ab$; a — половина ширины выработки; b — высота свода естественного равновесия, $b = a/f$; f — коэффициент крепости пород; ρ — плотность породы в массиве кровли.

С учетом изложенного формула для расчета величины горного давления на 1 м крепи горизонтальной выработки имеет следующий вид:

$$P = \frac{4}{3} \rho \frac{a^2}{f} \quad (17.10)$$

Прочный диаметр верхняка (m), работающего на изгиб, рассчитывают по формуле

$$d = 1,61 a^3 \sqrt{\frac{10 \rho L n}{m f \sigma_n}} \quad (17.11)$$

где ρ — плотность породы, kg/m^3 ; L — расстояние между крепежными рамами, m ; n — коэффициент перегрузки, $n = 1,2$; m — коэффициент условий работы, $m = 0,6 \div 0,7$; σ_n — сопротивление древесины на изгиб, для сосны $\sigma_n = 16$ МПа.

Диаметр стоек обычно не рассчитывают, а по конструктивным соображениям принимают равным диаметру верхняка.

При проведении выработки в устойчивых породах расстояние между крепежными рамами L обычно принимают равным 0,5—1,5 м (крепление «вразбежку»); в неустойчивых породах в связи со значительным горным давлением рамы устанавливают вплотную одна к другой («сплошное» крепление). При креплении вразбежку кровлю и бока выработки для предохранения от вывалов породы ограждают затяжкой из обополов (при крепких породах боковые стенки выработки можно не ограждать).

Толщина затяжки принимается приблизительно равной 50 мм.

С целью упрочнения кровли выработок преимущественно прямоугольно-сводчатого сечения в ней бурят направленные вверх шпур, в которых устанавливают штанговую (анкерную) крепь. Штанговая крепь представляет собой металлические или деревянные стержни, закрепляемые с помощью специальных замков в шпурах и стягивающие породные слои в одну пачку (рис. 17.18).

Простейшие конструкции металлической и деревянной штанг с клиновым замком представлены на рис. 17.19. В шпур, глубина которого соответствует длине штанги, вставляют стержень с клином до упора клина в торцевую стенку шпура, затем ручным или пневматическим молотком наносят удары по хвостовику стержня, выступающему из устья шпура; при этом клин входит в прорезь стержня на большую глубину, разделяет его разрезанные части и заклинивает их в шпуре. На выступающий конец металлического стержня надевают шайбу и навинчивают гайку. Хвостовую

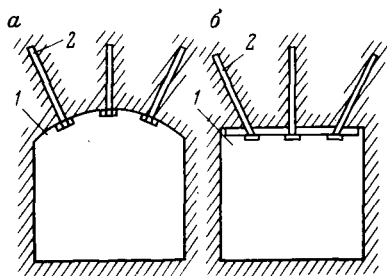


Рис. 17.18. Формы выработок, закрепленных штанговой крепью: а — сводчатая; б — прямоугольная; 1 — выработка; 2 — анкер

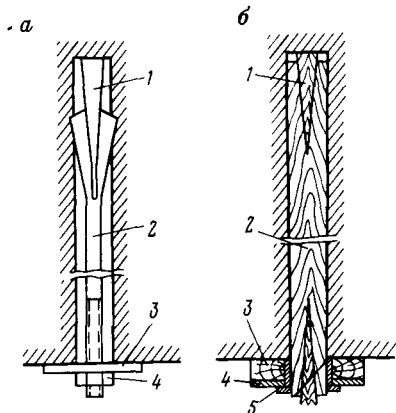


Рис. 17.19. Конструкции металлических и деревянных штанг:

а, б — металлическая и деревянная штанговые крепи; 1 — клин; 2 — стержень штанги; 3 — шайба; 4 — гайка; 5 — клиновой замок

часть деревянного стержня крепят в устье шпура деревянным клином.

Пограничный слой пород, в которых проходится выработка прямоугольно-сводчатой формы сечения, может упрочняться за счет покрытия стенок и кровли выработки набрызг-бетоном. Комбинация штанговой металлической крепи с набрызг-бетоном обеспечивает надежное поддержание выработки на длительное время.

§ 6. ПРОВЕТРИВАНИЕ ВЫРАБОТОК

В соответствии с Правилами безопасности при геологоразведочных работах подземные горизонтальные выработки протяженностью более 10 м во время нахождения в них людей должны непрерывно проветриваться с помощью вентиляторов. После производства взрывных работ в течение не более 30 мин из воздушной среды призабойного пространства и на всем пути движения людей в выработке должны быть удалены вредные и ядовитые газообразные продукты взрыва.

Существуют три типовые схемы проветривания вентиляторами тупиковых горизонтальных выработок: нагнетательная, всасывающая и комбинированная (нагнетательно-всасывающая). На рис. 17.20 представлены схемы проветривания тупиковых выработок, устья которых примыкают к выработке, проветриваемой сквозной струей. При горно-разведочных работах возможности создания сквозной струи для проветривания выработок ограничены, поэтому они могут обеспечиваться за счет бурения вентиляционной скважины большого диаметра (300—500 мм), а в ред-

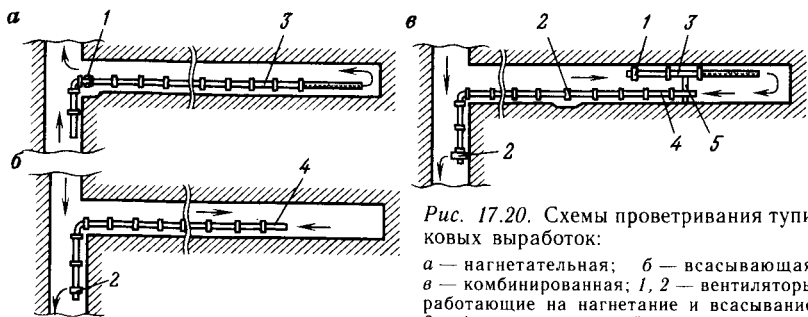


Рис. 17.20. Схемы проветривания тупиковых выработок:

а — нагнетательная; б — всасывающая; в — комбинированная; 1, 2 — вентиляторы, работающие на нагнетание и всасывание; 3, 4 — нагнетательный и всасывающий трубопроводы; 5 — перемычка

ких случаях — проходки вентиляционного шурфа, восстающего, штольни или ствола шахты (при отсутствии выработки, проветриваемой сквозной струей, схемы несколько изменяются).

Нагнетательный способ проветривания характеризуется более высокой эффективностью, однако удаляемый из тупиковой выработки воздух загрязняет воздушную среду в выработках, соединяющих их с поверхностью. Всасывающий способ отличается меньшей эффективностью, к его достоинствам следует отнести то, что загрязненный воздух по трубам может подаваться на поверхность, не загрязняя воздушной среды в других выработках. Комбинированный способ проветривания применяют при протяженности горно-разведочных выработок более 300 м; этот способ характеризуется высокой эффективностью.

Проветривание одной или комплекса горизонтальных разведочных выработок большой длины вследствие значительных сопротивлений движению воздуха весьма затруднено. Интенсивность проветривания горных выработок устанавливают исходя из необходимости удаления газов и пыли из рудничной атмосферы и обеспечения норм расхода воздуха для нахождения в выработке людей. Поэтому расчет количества воздуха производится, как правило, по расходу ВВ, пылевыведению и числу работающих в выработке, при этом учитывают наибольшее из подсчитанных количеств воздуха.

Необходимый расход воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) по условию выноса и разжижения газов ВВ при нагнетательном способе проветривания тупиковой выработки может быть определен по формуле

$$Q_n = \frac{2,25}{t} \sqrt[3]{\frac{AL^2 SKb}{K_{\text{гр}}^2}}, \quad (17.12)$$

где t — время проветривания, мин; A — масса одновременно взрываемого ВВ в забое, кг; L — длина проветриваемой выработки, м; S — площадь поперечного сечения выработки, м^2 ; K — коэффициент, учитывающий обводненность выработки (для сла-

бообводненных, влажных и водоносных пород K составляет 0,8; 0,6 и 0,3 соответственно); b — величина газовости ВВ, представляющая собой объем условного оксида углерода, выделяемый 1 кг ВВ, и принимаемая по правилам безопасности равной 40 л/кг; $K_{ут}$ — коэффициент утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе, в зависимости от материала, конструкции и параметров последнего $K_{ут} = 1,02 \div 1,70$.

При всасывающем способе проветривания расход (количество отсасываемого) воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$), необходимый для обеспечения безопасной концентрации газов ВВ, рекомендуется рассчитывать по формуле

$$Q_v = \frac{2,83}{t} \sqrt{ASbl_3}, \quad (17.13)$$

где l_3 — величина зоны отброса газов ВВ при взрывании шпуровых зарядов, определяемая по выражению $l_3 \approx 2,4A + 10$, м.

При комбинированном способе проветривания расход воздуха вычисляются из выражения

$$Q_k = \frac{2,3}{t} \sqrt[3]{AS^2 l_n^2 b}, \quad (17.14)$$

где l_n — расстояние от забоя до конца всасывающего трубопровода или до перемычки, м.

При этом рассчитанное количество воздуха устанавливают для нагнетательного вентилятора, а для всасывающего оно увеличивается на 10—15 % при наличии перемычки и на 20—30 % при ее отсутствии.

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) по пылевому фактору определяют исходя из необходимой скорости движения воздушной струи в выработке, обеспечивающей эффективный вынос взвешенной пыли:

$$Q_n = 60vS, \quad (17.15)$$

где v — необходимая скорость вентиляционной струи, $v = 0,3 \div 0,6$ м/с.

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) по числу людей, работающих в выработке, составляет

$$Q_n \geq q_v N, \quad (17.16)$$

где q_v — норма подачи воздуха на одного человека, $\text{м}^3/\text{мин}$, $q_v = 6$ $\text{м}^3/\text{мин}$; N — число работающих в забое.

В опасных по газу выработках производят соответствующие расчеты по разжижению газов до допустимых концентраций и санитарных норм.

При разведке радиоактивных месторождений в воздушную среду выработки поступают продукты радиоактивной эманации; количество воздуха в этих выработках рассчитывают по количеству выделяемого радона.

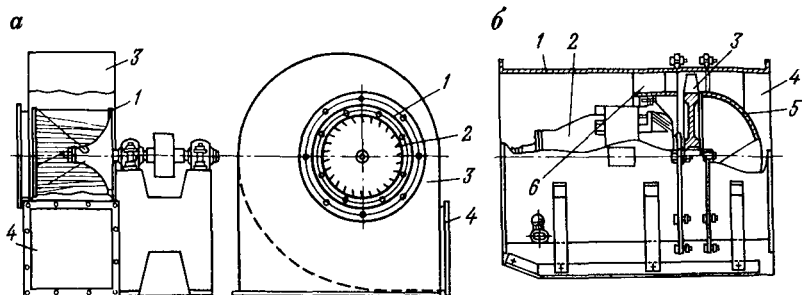


Рис. 17.21. Конструкции вентиляторов:

a — центробежный вентилятор; 1 — рабочее колесо; 2 — входной патрубок; 3 — кожух; 4 — выходной патрубок; *б* — осевой вентилятор; 1 — кожух; 2 — электродвигатель; 3 — рабочее колесо; 4 — предохранительная сетка; 5 — обтекатель; 6 — спрямляющий воздушную струю аппарат

Основным оборудованием, используемым для проветривания выработок, являются осевые и центробежные вентиляторы (рис. 17.21), а также вентиляционные трубопроводы. Осевой вентилятор, устанавливаемый обычно в выработке, имеет цилиндрический кожух, в котором размещается электродвигатель с рабочим колесом — турбинкой. Осевые вентиляторы компактны, имеют простую конструкцию, высокий к. п. д. и монтируются в выработке как составной элемент вентиляционного трубопровода. В отличие от этого центробежные вентиляторы имеют улиткообразный кожух с многолопастным рабочим колесом, привод вентилятора расположен вне корпуса, вентилятор обеспечивает создание высокого давления воздуха при небольшой частоте вращения рабочего колеса, надежен в работе. Центробежные вентиляторы, как правило, устанавливаются на поверхности около устья выработки.

Технические характеристики осевых вентиляторов

Типоразмер	ВМ-3М	ВМ-4М	ВМ-5М	ВМ-6М
Диаметр рабочего колеса, мм	300	400	500	600
Подача, м ³ /мин	42—100	50—155	95—270	140—480
Давление воздуха, Па	400—1000	700—1450	600—2120	750—3400
Мощность, кВт	2,2	4,0	11,0	24,0
Масса, кг	45	107	250	350

Осевые вентиляторы перечисленных типов могут оборудоваться пневматическими двигателями, при этом их основные характеристики сохраняются примерно такими же, а масса уменьшается в 1,5—2 раза.

Диаметр вентиляционных труб, изготавливаемых из тонколистовой стали или прорезиненной ткани, составляет 300—600 мм.

Трубы меньшего диаметра применяют для проветривания выработок небольшой протяженности. Так, 300-мм трубы используются в выработках длиной менее 100 м. Вентиляционные трубы соединяют в трубопровод, состоящий из звеньев длиной от 2 до 20 м; иногда трубы изготовляют из фанеры или досок. Тканевые трубы имеют небольшую массу, легко транспортируются и плотно соединяются друг с другом, однако применяют их только в нагнетательных трубопроводах.

Выбрав тип трубопровода, определяют необходимую подачу вентилятора из выражения

$$Q_v = K_{yt} Q_z, \quad (17.17)$$

где K_{yt} — коэффициент утечек воздуха, принимаемый для тканевых (гибких) трубопроводов в пределах от 1,04 до 1,35 в соответствии с их длиной (от 50 до 500 м); для других типов трубопроводов он выше и определяется расчетом или экспериментально; Q_z — количество воздуха, подаваемое в забой, которое приравнивается к наибольшему из определенных по формулам (17.12) — (17.16), м³/мин.

Вентилятор, работающий в вентиляционной сети, должен преодолевать потерю напора (депрессию) в трубопроводе (Па), которую при относительно небольших параметрах геологоразведочных выработок можно с некоторым приближением определять по статической депрессии

$$h_{ст} \approx R Q_z^2, \quad (17.18)$$

где R — аэродинамическое сопротивление трубопровода, Н·с²/м⁸, $R = 6,5\alpha L/d^5$; α — коэффициент аэродинамического сопротивления, Н·с²/м⁴, для тканевых и металлических труб α составляет 0,0025—0,0035 и 0,003—0,0035 соответственно.

По установленной подаче Q_z и депрессии трубопровода на основании технической характеристики выбирают тип осевого вентилятора.

При большой длине выработок для создания необходимого напора в трубопроводе между его частями последовательно устанавливают несколько осевых вентиляторов.

Выработки небольшой длины могут проветриваться с использованием эжекторов и вентиляционной трубы; сопла эжекторов устанавливают в вентиляционной трубе в направлении от забоя к устью выработки на расстоянии 4—6 м, через них пропускают сжатый воздух. За счет скоростного давления струи сжатого воздуха перед соплом создается зона повышенного давления, а позади — зона разряжения. Вследствие этого воздух в трубе перемещается, причем количество воздуха, засасываемого в вентиляционную трубу, в 8—10 раз больше расхода сжатого воздуха.

Проветривание горных выработок не только обеспечивает

улучшение состава воздуха, но также является действенным мероприятием по снижению концентрации содержащейся в нем минеральной пыли. Наряду с этим для обеспыливания воздушной среды в выработке проводят мероприятия по пылеподавлению при бурении шпуров, взрывной отбойке и погрузке горной массы. Основные из этих мероприятий — бурение с промывкой, устройство «водяных завес» (распыление воды специальными форсунками перед взрывом) и орошение горной массы перед погрузкой. При отрицательных температурах пород процессы пылеподавления осложняются, одно из решений проблемы — использование для обеспыливания водных антифризных растворов.

За режимами проветривания, загазованностью и запыленностью воздуха в горных выработках осуществляется систематический контроль с использованием специальной аппаратуры: депрессиометров, анемометров, газоанализаторов и других приборов. Этот контроль необходим для создания нормальных санитарных условий, обеспечения безопасности работ и повышения производительности труда в горных выработках.

По правилам безопасности процессы проветривания и борьбы с пылью должны осуществляться в соответствии с проектом комплексной очистки воздуха, являющимся разделом производственно-технической части проекта на проведение геологоразведочных работ.

§ 7. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Вспомогательные операции в процессе проведения выработок довольно многочисленны, большинство из них выполняют параллельно с основными проходческими процессами. К вспомогательным операциям относят устройство водоотводных канавок, настилку путей, прокладку труб и кабелей, монтаж оборудования и стационарного освещения.

Вода из горизонтальных выработок удаляется самотеком по водоотводным канавкам (из штолен — непосредственно на дневную поверхность, из других выработок — в штольни или водосборники околоствольных дворов). Размеры водоотводных канавок при водопритоках 150 м³/ч и более представлены ниже.

Приток воды, м ³ /ч	150	200	300
Глубина канавки, мм	250	300	400
Площадь поперечного сечения в свету, м ²	0,087	0,105	0,140

Примечание. Ширина верхней и нижней частей канавок составляет 400 и 300 мм соответственно.

При притоках воды до 100 м³/ч канавки обычно не крепят; при большем водопритоке их закрепляют деревом или бетоном.

Для образования канавки породы могут разрушаться отбойным молотком; при крепких породах один из шпуров в шпуровом

комплекте располагают так, чтобы при взрыве размещенного в нем заряда порода подошвы выработки в канавке разрыхлялась.

К вспомогательным операциям относят также путевые работы (очередную секцию рельсового пути чаще всего прокладывают во время специально выделяемой для этого смены). Рельсовые пути обычно настилают на балластный слой из не крупного щебня крепких пород или гравия, предназначенный для нивелировки поверхности подошвы выработки и предотвращения самопроизвольного перемещения шпал (при ручной откатке вагонеток в выработках небольшой длины допускается сооружение безбалластных рельсовых путей).

В процессе погрузки кромка развала породы постепенно перемещается к забою, поэтому при использовании погрузочных машин на колесно-рельсовом ходу необходимо наращивать рельсовый путь за кромкой. Наращивание пути обеспечивается с помощью выдвижного звена (скрепленные между собой рельсы или уголки), подаваемого ковшем погрузочной машины из конца последнего звена основного пути.

Прокладка труб (вентиляционных, для сжатого воздуха и технической воды) осуществляется периодически по мере необходимости наращивания соответствующих трубопроводов.

Вентиляционные трубопроводы размещаются непосредственно под кровлей выработки, другие — преимущественно в верхней ее части.

Трубы прикрепляются к элементам деревянной крепи или к анкерным подвескам, устанавливаемым в неглубоких, специально для этих целей пробуриваемых шпурах; подвеска электрических и телефонных кабелей, а также стационарных светильников осуществляется аналогичными способами.

§ 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

При значительном объеме проходческих работ последние осуществляются в соответствии с проектом. В горных выработках общей протяженностью более 1500 м работы должны проводиться по техническим проектам, разработанным проектной организацией. Проект представляет собой комплект документации и материалов в виде расчетов, схем, графиков и пояснительной записки, регламентирующей технологию и организацию работ по проведению выработок. На основе проекта проходческих работ составляют паспорт буровзрывных работ, а также паспорта проветривания и крепления на каждый вид горных выработок.

В связи с многооперационностью процесса проведения горизонтальных выработок организация труда в забоях приобретает особое значение. Работы в забое осуществляются, как правило, комплексной сквозной (круглосуточной) бригадой, которая состоит из рабочих, выполняющих все процессы и операции проход-

ческого цикла (за исключением взрывных работ, производимых взрывником).

Проходческие бригады обычно разделяются на звенья, работающие в различных сменах.

Штат проходческой бригады определяют исходя из объема работ по основным процессам и вспомогательным операциям с учетом их трудоемкости и норм, принимаемых по ЕНВ при геолого-разведочных работах.

По трудоемкости процессов и операций, составляющих цикл, устанавливают суммарную трудоемкость и определяют состав комплексной проходческой бригады (численность бригады составляет чаще всего 6—12 человек, звена — 2—3 человека).

В соответствии с затратами времени на ту или иную операцию и с учетом времени на зарядание, взрывание и проветривание забоя составляют графики организации проходческих работ.

В практике проведения горизонтальных выработок наиболее распространены графики, в которых предусмотрено выполнение одного цикла проходческих процессов в смену (рис. 17.22).

На рис. 17.22, а изображен примерный график организации работ при проведении выработки небольшой длины (штольня или рассечка) со скреперной уборкой породы и креплением; на рис. 17.22, б — график проведения выработки значительной

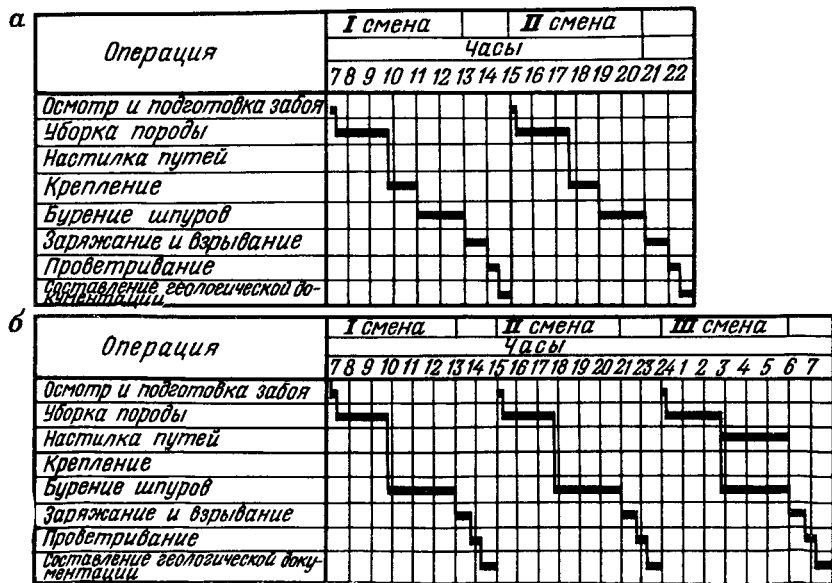


Рис. 17.22. Графики организации работ при проведении горизонтальных выработок

длины с использованием погрузочной машины и электровозной откатки. В приведенных графиках операции зарядания, взрывания и проветривания приурочены к межсменным перерывам; в конце перерыва предусматривается составление геологической документации горных выработок.

В ряде случаев с целью сокращения времени цикла в графиках предусматривается не последовательное, а параллельное выполнение некоторых производственных операций, так, например, при достаточной устойчивости пород возможно совмещение во времени бурения шпуров и крепления выработки или бурения шпуров и настилки рельсовых путей.

Средняя скорость проходки горизонтальных разведочных выработок составляет 60—70 м/мес, а наибольшая — 300 м/мес и более.

При одновременном проведении выработок, забои которых расположены на относительно небольших расстояниях друг от друга, практикуется многозабойная работа, осуществляемая одной бригадой. В этих условиях создаются благоприятные условия для работы специализированных звеньев, например бурильщиков, которые бурят сначала в одном, а затем в другом забое. Взаимосвязь производственных процессов во времени предусматривается в совмещенных графиках организации работ в этих забоях.

При ликвидации штольни ее устье должно быть перекрыто прочной перемычкой, сооружаемой в коренных породах, а пространство от перемычки до поверхности должно быть засыпано породой; при значительном удалении коренных пород от устья допускается устройство перемычки на расстоянии не менее 10 м от устья.

На устья временно законсервированных горизонтальных горных выработок должны быть установлены решетки с замками.

Глава 18

ПРОХОДКА НАКЛОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

Из наклонных выработок при геологоразведочных работах преимущественно применяют восстающие. Проходка восстающих в процессе разведки месторождений осуществляется сравнительно редко. Эти выработки проводятся в основном на стадиях детальной и эксплуатационной разведки сложных месторождений в основном цветных и благородных металлов. Ограниченность области применения восстающих в известной мере — следствие сложных условий и технологии проходки этих выработок.

К технологической особенности процесса проведения восстающих относится проходка их в направлении снизу вверх.

Как правило, восстающие проходят между двумя расположенными на разной высоте горизонтальными подземными выработками — штреками, рассечками и реже штольнями; в некоторых случаях их проходят из подземной выработки непосредственно на дневную поверхность.

В свою очередь из восстающих иногда проводят другие разведочные выработки, чаще всего рассечки по простиранию рудных тел.

Восстающие разделяют на пологие (с углом наклона менее 45°), наклонные (более 45°) и вертикальные; эти выработки могут проходиться по руде (рудные восстающие) и по породам преимущественно лежащего бока (полевые восстающие). Угол наклона выработок выбирают в соответствии с углом падения рудного тела или устанавливают с учетом геологических и горнотехнических особенностей разведываемых месторождений. При разведке месторождений наклонные восстающие наиболее распространены.

По назначению восстающие делят на собственно разведочные, заверочные и технические (вентиляционные).

Разведочные восстающие проводят с целью изучения закономерностей изменения состава и строения полезного ископаемого по падению в пределах разведочного горизонта.

Заверочные восстающие проходят для подтверждения достоверности и повышения представительности геологической информации, полученной при разведочном бурении.

Технические восстающие предназначены для сообщения между разведочными горизонтами, интенсификации проветривания выработок, спуска горной массы, доставки материалов из выработок вышележащего горизонта и т. п.

В соответствии с назначением восстающих и углами их наклона выбирают технологию проходки и параметры выработок.

Восстающие проводят различной длины — от 15 до 60 м и более (в редких случаях длина выработки достигает 100 м). Форма поперечного сечения восстающих, как правило, прямоугольная (за исключением восстающих, проходимых бурением при эксплуатационной разведке на некоторых горных предприятиях). В поперечном сечении восстающие разделяют на отделения: лестничное (ходовое), трубное и рудоспускное (породоспускное). Площади поперечного сечения восстающих в свету принимаются равными от 1,9 до 4 м². Наибольшая часть площади поперечного сечения восстающих приходится на лестничное отделение, при этом ширину восстающих обычно устанавливают исходя из размеров этого отделения. Рекомендуемые размеры поперечных сечений восстающих приведены в табл. 18.1.

Типовые сечения восстающих первого и второго типа, про-

Таблица 18.1. Рекомендуемые площади поперечных сечений восстающих

Тип восстающего	Характеристика восстающих	Площадь поперечного сечения, м ²				
		в свету	в черне	в проходке при коэффициенте крепости пород		
				4—6	7—9	10
I	Закрепленный распорной крепью	1,9	1,9	—	—	2,0
II	Закрепленный сплошной венцовой крепью	2,7	4,2	4,7	5,0	—
III	Сооружаемый с использованием проходческих комплексов	3,8	5,3	6,0	6,3	—

ходимых при разведке месторождений, представлены на рис. 18.1, а и б. Восстающие, проводимые с использованием проходческих комплексов (тип III), имеют более значительные площади поперечного сечения, выбираемые с учетом габаритов горного оборудования; одно из поперечного сечения таких восстающих приведено на рис. 18.2.

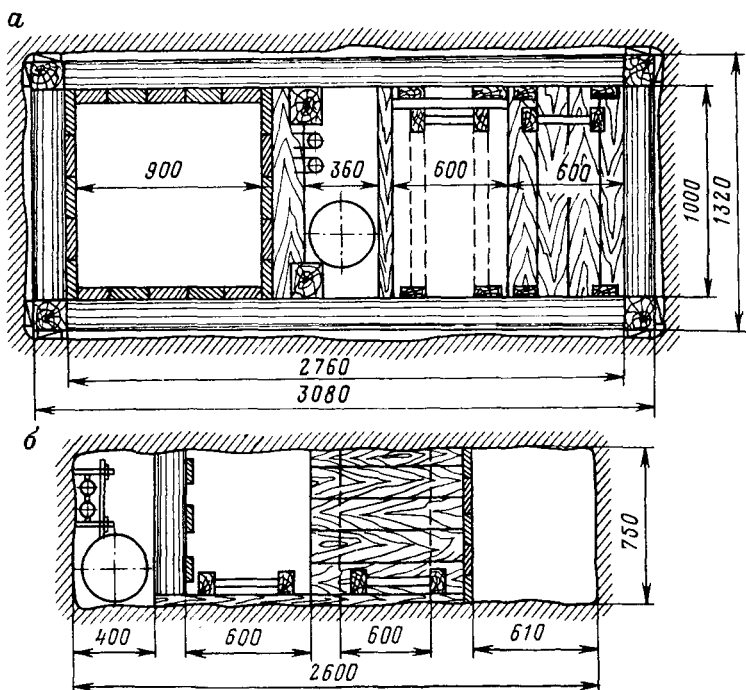


Рис. 18.1. Типовые сечения восстающих:
а, б — I и II типы соответственно

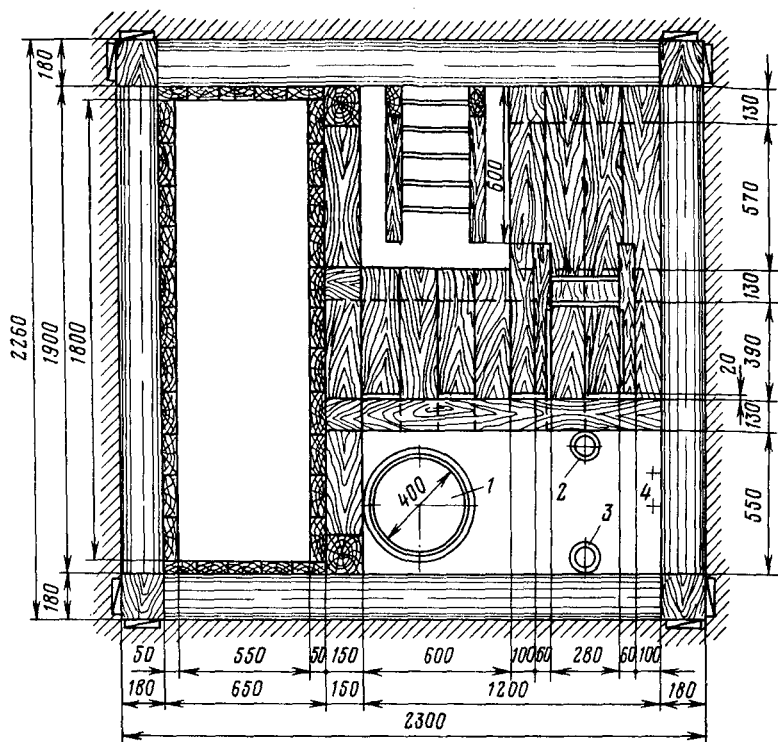


Рис. 18.2. Сечение восстающего, пройденного с использованием проходческого комплекса

Среди наклонных разведочных горных выработок уклоны применяют в редких случаях — преимущественно на стадии детальной разведки части пологих или наклонных месторождений, расположенных ниже горизонтальных выработок основного разведочного горизонта. В отличие от восстающих уклоны проводят

Таблица 18.2.

Параметры	Площадь поперечного сечения, м ²				
	трапецевидная		прямоугольно-сводчатая		
	при $f=4-6$	при $f=7-8$	без крепи	со штанговой крепью	с набрызг-бетоном
В свету	4,9	4,9	5,1	5,1	5,1
В черне	6,4	6,4	5,1	5,1	5,7
В проходке	7,0	7,2	5,8	5,3	7,0

в направлении сверху вниз. Длина уклонов обычно не превышает 15—30 м, форма поперечного сечения трапецевидная или прямо-угольно-сводчатая; площади поперечных сечений приведены в табл. 18.2.

Наклонные стволы при разведке месторождений проходят в единичных случаях для вскрытия наклонных залежей при небольшой мощности перекрывающих наносов. Угол наклона ствола выбирается равным углу падения залежи. Длина стволов в среднем составляет 30—50 м; форма поперечного сечения в основном прямоугольная, размеры его, определяемые габаритами транспортного и ходового отделений, практически не превышают в свету 5—6 м².

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОССТАЮЩИХ

Технология проведения восстающих (под углом менее 45°) незначительно отличается от проходки горизонтальных выработок. Шпур бурят переносными перфораторами (реже электросверлами) с пневмоподдержками или с распорными колонками. Поряду из выработок обычно убирают с использованием скреперных лебедек (рис. 18.3).

При этом в устойчивых породах восстающие в процессе проходки иногда не крепят; в других случаях выработку крепят во время проходки деревянными рамами; проветривание восстающих особых затруднений не вызывает и производится вентиляторами по нагнетательной схеме. При увеличении угла наклона выработки в связи с тем, что восстающие проходят в направлении снизу вверх, забой располагается выше работающих, что увеличивает опасность работ и требует безусловного выполнения ряда мероприятий, предотвращающих падение или скатывание кусков породы в призабойное пространство во время нахождения там людей при бурении шпуров, креплении и составлении геологической документации.

При этом устойчивость пород, в которых проводят восстающие, в значительной степени определяет безопасность работ и выбор технологии их проходки. В неустойчивых породах проходка восстающих затруднена и в целях безопасности работ осуществляется только с использованием сложного специального проходческого оборудования, практически изолирующего бурильщика от поверхности забоя.

Специфика проведения наклонных и вертикальных восстающих заключается и в том, что проходчик во время работы стоит не на подошве выработки, а на специальных полках, монтируемых на крепи, или на передвижных платформах при механизированных способах проходки.

В связи с тем, что одно из отделений восстающего перекрывается лестничными полками (расположенными на расстоянии

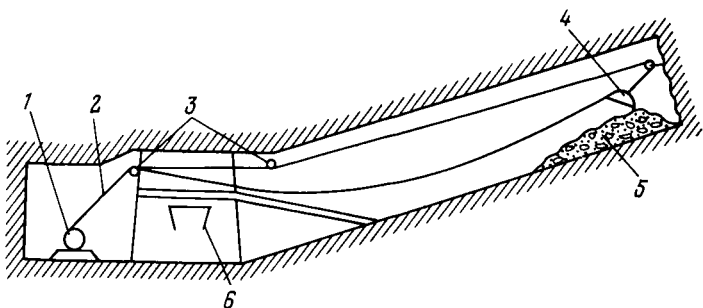


Рис. 18.3. Проходка пологого восстающего с использованием скреперной установки:

1 — скреперная лебедка; 2 — канат; 3 — направляющие блоки; 4 — скрепер; 5 — взорванная горная масса; 6 — вагонетка

не более 6 м один от другого), а другое частично заполнено горной массой, проветривание выработки в процессе проходки затруднено.

Так как забой восстающего во всех случаях выше его устья, процесс доставки горной массы облегчается; при проведении наклонных и вертикальных восстающих применяется самотечная доставка горной массы до горизонтальной выработки с люковой или машинной нагрузкой ее в вагонетки. Однако при этом транспортировка крепежного и других материалов, а также перемещение людей в выработке усложняются.

Проведение разведочных, заверочных и технических восстающих отличается технологическими особенностями, определяющими своеобразие некоторых проходческих процессов.

При изменении угла падения рудного тела угол наклона проводимого разведочного восстающего соответственно также изменяют, таким образом, ось его в плоскости разреза вкрест простираения не остается прямолинейной. В процессе проходки восстающих с использованием механизированных комплексов это вызывает определенные затруднения, особенно значительные при больших и резких изменениях углов падения.

Основное требование к проходке разведочного восстающего — сохранение в одной из его боковых стенок следа (желательно сплошного) от пройденной ранее разведочной скважины. Геологическая информация, которую получают по керну этой скважины, заверяется при сличении с пробой руды, отбираемой из стенок восстающего.

К проведению технических восстающих, осуществляемому по рудным телам или вмещающим породам, обычно не предъявляют особых требований по расположению выработки в пространстве — эти наклонные или реже вертикальные выработки располагают с учетом их наиболее эффективного использования в процессе выполнения горных работ на разведочных горизонтах.

§ 3. СПОСОБЫ ПРОХОДКИ ВОССТАЮЩИХ

Наиболее распространенный (называемый иногда обычным) способ — проведение восстающих с использованием несложного проходческого оборудования, набор которого включает перфораторы, подъемную лебедку небольшой мощности и вентилятор.

Проведению восстающего предшествует устройство в боковой стенке штрека небольшой ниши, обеспечивающей по соображениям безопасности и удобства производства работ некоторое смещение оси восстающего по отношению к оси горизонтальной выработки (рис. 18.4).

Проходческий цикл состоит из следующих основных процессов: отбойка пород, проветривание выработки, уборка горной массы и крепление этой выработки.

Первые 5—8 м выработки проходят из ниши с временных полков без разделения восстающего на отделения. В зависимости от крепости и устойчивости пород восстающий крепят распорками, венцами на стойках или сплошными венцами. После установки необходимых элементов крепи обшивается лестничное отделение, в котором устанавливаются полки и лестница, рудоспускное отделение оборудуют люком и продолжают работы по проходе восстающего.

Шпур бурят со специально устраиваемых полков одним или двумя телескопными перфораторами, глубину шпуров выбирают в пределах от 1,5 до 2 м. Количество шпуров (по сравнению с забоями горизонтальных выработок) несколько увеличивают, чтобы обеспечить более мелкое дробление породы, необходимое для повышения эффективности люковой погрузки ее в вагонетки.

При проведении разведочных или технических восстающих наиболее часто применяют боковой вруб, при котором значительная часть горной массы в результате взрыва зарядов в шпурах попадает непосредственно в рудоспускное отделение.

При проведении заверочных восстающих необходимо обеспечить наибольшую сохранность следа разведочной скважины в

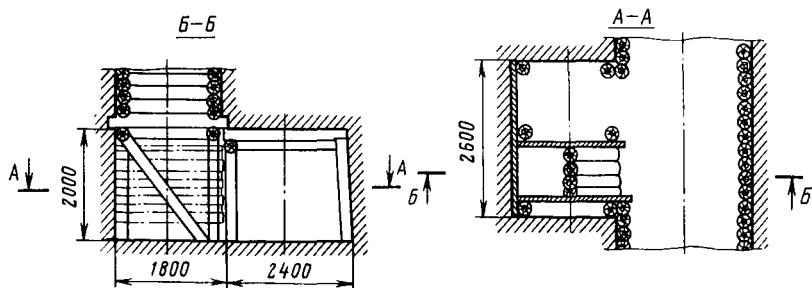


Рис. 18.4. Сопряжение устья восстающего с горизонтальной выработкой

одной из стенок выработки; этим, в частности, оценивается качество взрывной отбойки.

На основании экспериментальных работ установлено, что наилучшие результаты достигаются при использовании разведочной скважины в шпуровом комплекте в качестве оконтуривающего шпура, расположенного в углу контура забоя. Наибольшая сохранность следа скважины (до 60 %) обеспечивается при взрыве в ней зарядов с воздушными промежутками, ориентированными в сторону породного массива.

В качестве взрывчатого вещества при проведении восстающих чаще всего применяется аммонит Н6ЖВ, способ взрывания зарядов — электрический.

Перед взрыванием комплекта шпуров лестничное и трубное отделения восстающего перекрывают прочными отбойными полками, устанавливаемыми во избежание их поломок на некотором расстоянии от забоя.

При правильном выборе расположения отбойного полка и порядка взрывания шпуров практически вся отбитая горная масса попадает в рудоспускное отделение восстающего. При этом операция уборки породы сводится в основном к люковой погрузке горной массы в вагонетки.

Выработку проветривают по нагнетательной схеме (вентилятор местного проветривания устанавливают в штреке по движению свежего воздуха). Затруднение с вентилированием восстающих приводит к тому, что время проветривания после взрывных работ увеличивается по сравнению с временем проветривания проходческого забоя горизонтальной выработки.

Восстающий может проветриваться по всасывающей схеме с использованием эжектора и вентиляционной трубы. Эффективность этого способа не очень высока, но он характеризуется простотой устройства и надежностью работы.

Одна из схем проходки вертикального восстающего обычным способом представлена на рис. 18.5. На приведенной схеме, кроме рабочего полка, с которого осуществляется подготовка забоя, бурение и зарядание шпуров, устраивают второй дополнительный полк с целью повышения безопасности работы забойщика и взрывника (перед взрыванием зарядов оба эти полка убирают). Для удобства погрузки породы в вагонетки вместо ниши около устья восстающего в штреке сооружают камерную выработку. Скорость проведения восстающих обычным способом составляет 25—30 м/мес.

При больших объемах проходческих работ и проведении восстающих в относительно крепких породах используют проходческие комплексы типа КПВ, обеспечивающие увеличение технико-экономических показателей проходки выработок, повышение безопасности работ и улучшение условий труда в забое, при этом месячная скорость проходки достигает 100—120 м.

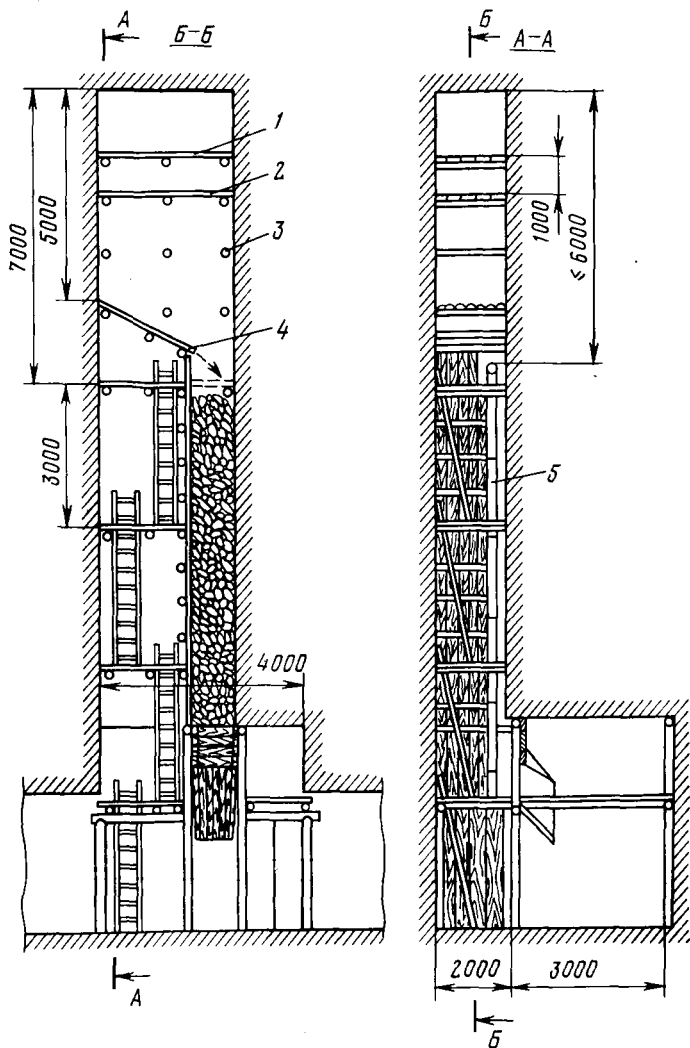


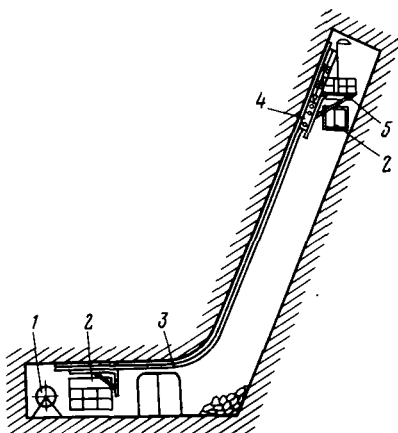
Рис. 18.5. Схема восстающего в процессе проходки:

1, 2, 4 — рабочий, предохранительный и отбойный полки соответственно; 3 — распорная крепь; 5 — вентиляционная труба

Схема комплекса КПВ-1 представлена на рис. 18.6. Комплекс состоит из монорельса 3, прикрепленного к боковой стенке проходимого восстающего с помощью металлических штанг, и самоходного полка 5 с кабиной 2, для перемещения которых по монорельсу используют пневмопривод 4. Монорельс, наращиваемый

Рис. 18.6. Схема комплекса КПВ-1 для проходки восстающего:

1 — штанговая лебедка; 2 — кабина; 3 — монорельс; 4 — пневмопривод; 5 — полук



секциями небольшой длины, одновременно является трубопроводом, по которому к забою подаются сжатый воздух и вода, необходимые для бурения шпуров и проветривания выработки.

Кабину применяют для доставки рабочих в забой восстающего и камерную выработку, устраиваемую у устья восстающего на уровне горизонтальной подземной выработки. Полук предназначен для работы бурильщиков (оборка, приведение в безопасное состояние забоя, бурение и зарядание шпуров). Перед взрыванием шпуров полук и кабину опускают и убирают в камерную выработку. Взрывание зарядов комплекта шпуров — электрическое; проветривание — воздушно-водяная смесь (сжатый воздух и вода поступают по трубам монорельса к туманообразователю, монтируемому на его верхнем конце). В месте сопряжения восстающего с горизонтальной выработкой устанавливают вентилятор, работающий на всасывание. Горную массу грузят в вагонетки обычно с основания восстающего скрепером или погрузочной машиной.

Крепление и устройство отделений восстающего по завершении его проходки производится в направлении сверху вниз с использованием полка комплекса. В неустойчивых породах восстающий крепят сплошной венцовой крепью в процессе его проведения, что усложняет производство проходческих работ. Комплексы типа КПВ применяют для проходки прямолинейных восстающих с углом наклона $60\text{--}90^\circ$ преимущественно в крепких, устойчивых породах. При изменении угла падения рудного тела соответственно меняют угол наклона разведочных восстающих, причем эти изменения могут быть довольно значительными. В практике проведения разведочных восстающих с изменяемым углом наклона доказаны возможность и целесообразность использования проходческих комплексов при монтаже монорельса

из специальных изогнутых секций или прямолинейных секций, соединяемых между собой фасонными прокладками.

Эффективный способ проходки восстающих бурением в практике горно-разведочных работ не получил применения. Использование этого способа возможно при наличии специальных буровых установок и значительных энергетических затрат. В будущем этот способ, вероятно, может быть использован для проходки технических восстающих на стадиях эксплуатационной разведки или доразведки месторождений.

Интересен опыт проведения в крепких устойчивых породах технического восстающего взрыванием комплекта скважинных зарядов. Технология проходки восстающего своеобразна — в контурах запроектированной выработки на всю ее высоту из верхней штольни до штольни расположенного ниже разведочного горизонта проходят комплект параллельных скважин с использованием алмазных коронок. При секционном (в направлении снизу вверх) взрывании зарядов ВВ в скважинах образуется выработка.

Процесс проведения восстающих в неустойчивых породах характеризуется повышенной опасностью проходческих работ. В связи с этим при разведке месторождений от проходки восстающих в таких условиях ранее отказывались.

В настоящее время используют опыт щитовой проходки восстающих в неустойчивых породах, обеспечивающий безопасное и эффективное производство работ.

Конструкция передвижного щита, предназначенного для проведения восстающих с углом наклона $70-90^\circ$ со сплошной венцовой крепью, изображена на рис. 18.7. Ходовой механизм щита располагается в лестничном отделении восстающего, не оборудываемого на время проходки полками и лестницами. Агрегат перемещается по выработке с помощью шагающего механизма и винтовых домкратов.

Основные части агрегата — рабочий полук 5 с комплексом оборудования, состоящим из головной части щита 1, шарнирно укрепленного прочного верхнего перекрытия 2 с гидравлическими цилиндрами 3 и бокового перекрытия 4.

При горизонтальном положении верхнее перекрытие обеспечивает безопасность работ в призабойном пространстве — под ним производятся крепление выработки, бурение (через отверстия в перекрытии) и зарядание шпуров. После выполнения этих процессов проходческого цикла верхнему перекрытию придают наклонное положение, и при взрыве шпуровых зарядов оно используется в качестве отбойного полка.

При использовании передвижного щита производительность труда проходчиков увеличивается более чем в 1,5 раза по сравнению с обычным способом проходки восстающих в аналогичных условиях. В качестве примера организации работ приведем меха-

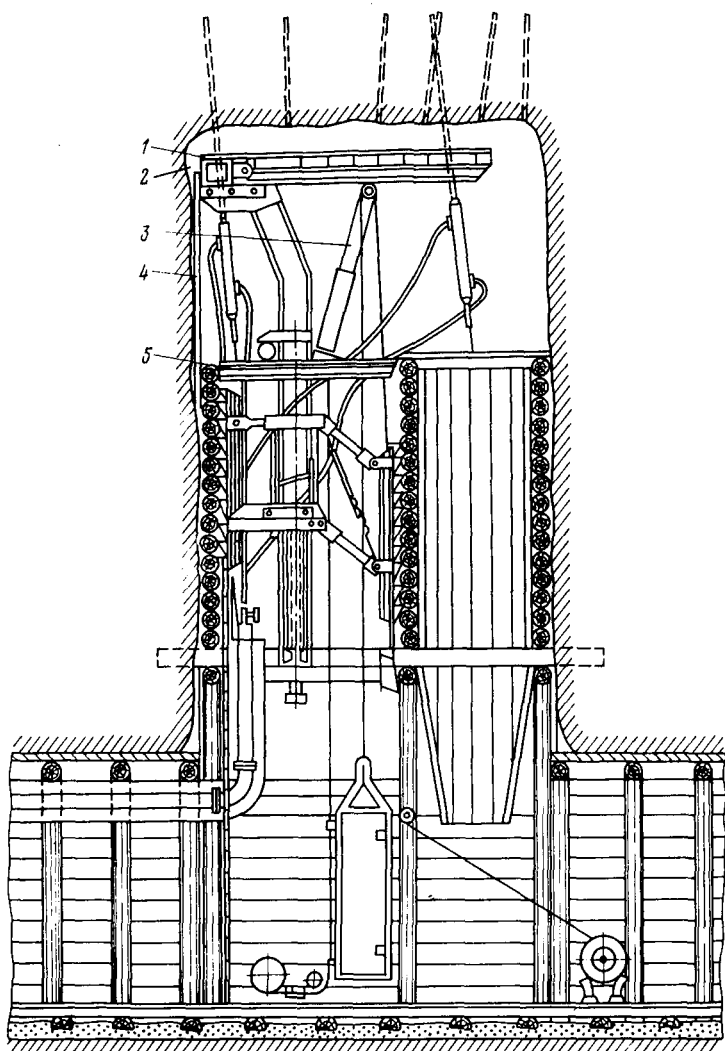


Рис. 18.7. Передвижной щит для проходки восстающих в неустойчивых породах

низированную проходку восстающего в одной из геологоразведочных партий Мингео СССР с использованием комплекса КПВ-1. Проходка осуществлялась в крепких устойчивых породах (XVIII категории по буримости) бригадой, состоящей из 8 человек, при четырехсменной работе (четыре звена по 2 проходчика). Восстающий с площадью поперечного сечения (вчерне) $4,2 \text{ м}^2$

длиной 60 м был пройден за 23 рабочих дня; наибольшие затраты времени в проходческом цикле приходились на бурение и зарядание 30 шпуров, а также на уборку породы под устьем восстающего погрузочной машиной. По окончании проходки выработки с применением самоходного полка комплекса были осуществлены крепление и армировка восстающего.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ УКЛОНОВ И НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ

При проведении уклонов и наклонных стволов операция отбойки породы по существу схожа по технологии с работами в забое горизонтальных выработок, при этом наиболее распространено бурение шпуров переносными перфораторами; взрывание осуществляется электрическим способом. Операция погрузки горной массы более трудоемка по сравнению с проведением горизонтальных выработок, при проходке уклонов применяют в основном ручную или скреперную погрузку. Для возможности перемещения погрузочной машины в призабойном пространстве ее оборудуют несложным устройством, состоящим из барабанов, устанавливаемых на задних колесах машины, каната и прицепных устройств. При больших углах наклона выработок применяют погрузочные машины специальных конструкций. Откатку (подъем) горной массы осуществляют канатными установками в вагонетках, а при угле наклона выработки более 25° — в скипах.

Для предотвращения аварий и несчастных случаев при обрыве каната вагонетки и скипы оборудуют упорными вилками, шарнирно прикрепленными к транспортным сосудам.

Стволы и уклоны, как правило, крепят деревянными рамами или венцовой крепью, редко штанговой крепью. При малых углах наклона крепь возводят так же, как и в горизонтальных выработках; при значительных углах наклона крепь сооружают звеньями с установкой опорных венцов или рам.

Ходовые отделения в наклонных выработках отгораживают от подъемных прочными перегородками.

Выработки проветривают по нагнетательной схеме, при значительных водопритоках воду удаляют центробежными насосами по трубам, устанавливаемым в выработках, при небольших притоках (до $6 \text{ м}^3/\text{ч}$) — откачивают переносными насосами в вагонетку или скип.

Глава 19

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

§ 1. ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Негативные последствия производства горно-разведочных работ проявляются в загрязнении и нарушениях почвенно-растительного покрова, а также в оставлении на земной поверхности отвалов горных пород. Почвенно-растительный покров загрязняется и нарушается при проведении открытых разведочных выработок и сооружений производственных площадок, на которых располагаются устья подземных выработок (штолен, шурфов и стволов шахт).

Обширные нарушения почвенно-растительного покрова отмечаются при канавных работах (площади ежегодно нарушаемой поверхности измеряются тысячами гектаров). Наиболее существенное значение эти нарушения приобретают при проходке канав в лесистой местности (на трассах канав вырубает кустарники и выкорчевывают деревья); нарушение почвенного слоя на пахотных землях снижает их плодородие. Оставление на земной поверхности отвалов пород не только приводит к нарушению почвенно-растительного слоя, но и изменяет ландшафт местности, снижая в большинстве случаев биологическую продуктивность земельных участков. Мероприятия по снижению нарушений и восстановлению нарушенных при горных работах земельных участков должны осуществляться на всех стадиях разведки месторождений.

В соответствии с Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик (1968 г.) — главным директивным документом в области обеспечения рационального землепользования при геологоразведочных работах, производимых на сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, должны выполняться работы по приведению нарушенных земельных участков в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве.

§ 2. МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖАЮЩИЕ НАРУШЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

При геолого-съемочных и поисковых работах нарушенные участки должны приводиться в пригодное состояние в ходе производства этих работ или не позднее чем в месячный срок после их завершения, исключая период промерзания почв.

При других стадиях геологоразведочных работ предусмат-

ривается приведение земельных участков в пригодное состояние в ходе работ, а при невозможности этого — не позднее чем в течение года после завершения работ.

К важным директивным документам в области восстановления земель при геологоразведочных работах относится постановление Совета Министров СССР «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ» (1976 г.). В соответствии с этим постановлением производители работ, связанных с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на рекультивируемые земли.

При производстве горно-разведочных работ масштабы и значение нарушений земельных участков в известной степени зависят от выбора места расположения открытых горных выработок, производственных площадок и породных отвалов.

Наибольшие негативные последствия имела ранее широко распространенная проходка канав взрывом на выброс, при этом способе нарушались значительные участки земной поверхности, и восстановление их было практически невозможным. В настоящее время проходка канав взрывом на выброс допускается в исключительных случаях.

Рассмотрим операции, предшествующие проходке канав и завершающие ее. При канавных работах снятие плодородного почвенного слоя осуществляется с поверхности в пределах контура запроектированной выработки; почва складывается в ленточные отвалы при снятии ее вручную, бульдозерами или скреперами. В процессе проходки канав выдаваемая на поверхность порода складывается в компактных отвалах; возможность сокращения площади, занимаемых отвалами, за счет увеличения их высоты ограничена технологией отсыпки пород.

Необходимо учитывать, что бульдозерная проходка канав приводит к увеличению площадей нарушенной поверхности вследствие большой ширины выработки и, таким образом, к значительному количеству породы, выдаваемой на поверхность. Поэтому этот способ проходки канав нельзя относить к экологически оправданным.

После опробования и составления геологической документации канавы засыпают породой из отвалов. В связи с тем, что разрыхленная порода имеет больший объем, она не вся размещается в выработке, и над ликвидируемой канавой образуется валобразная насыпь, которая перекрывается слоем плодородных почв (впоследствии порода уплотняется, проседает и нарушенные участки земной поверхности постепенно выравниваются, приобретая характерные черты ранее существовавшего рельефа).

При проведении подземных горно-разведочных выработок

на поверхности формируют производственные площадки, в их контурах снимают плодородные почвы и складывают на время проведения работ в буртах. Горные породы складывают во временных отвалах, расположенных на территории производственных площадок, или перемещают за их пределы, в результате чего образуются постоянные отвалы пород. Временные отвалы после завершения проходческих работ разбирают, аккумулярованную в них породу расходуют на засыпку шурфов и частично распределяют по поверхности при ее планировке. При ликвидации проходческих производственных площадок демонтируют оборудование и сооружения, породы, залегающие под ними, перепахивают и перекрывают почвами плодородного слоя, складированными в буртах.

В результате проведения горных выработок на земной поверхности оставляют многочисленные отвалы. В экспедициях НПО «Кварцсамоцветы» Мингео СССР эти отвалы достигают иногда больших размеров и их количество значительно. Так, в 1978 г. при проведении инвентаризации отвалов на предприятиях ПО «Уралкварцсамоцветы» было установлено, что на территории производственной деятельности Степной ГРП имелось 75 отвалов различной вместимости — от 130 до 743000 м³, (суммарная площадь земной поверхности, занимаемая отвалами, составила более 73 га). Большие породные отвалы располагаются также около стволов разведочных шахт и штолен с развитой сетью подземных горных выработок.

Возможности рационального использования пород, слагающих постоянные отвалы, при горно-разведочных работах ограничены, потому что в большинстве случаев эти отвалы сравнительно невелики и обычно размещаются на значительных расстояниях друг от друга. Иногда отвальные породы используют для засыпки оврагов, болотистой местности или для дорожного строительства.

Породные отвалы, расположенные на продуктивных землях или вблизи населенных пунктов, подлежат рекультивации. Различают техническую и биологическую рекультивацию: первую осуществляют производители горно-разведочных работ (геолого-разведочные партии); вторая, заключающаяся в восстановлении плодородия рекультивируемых поверхностей отвалов, возлагается на землепользователей, которым возвращаются нарушенные земли.

Направления рекультивационных работ могут быть различными: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, строительное и др. Применительно к отвалам горно-разведочных работ выбирают преимущественно лесохозяйственное направление, заключающееся в подготовке поверхности отвалов для лесонасаждений.

Техническая рекультивация, часто называемая горнотехнической, включает в себя следующие основные процессы: изменение форм отвалов и нанесение на их поверхность слоя плодородных пород и почв. Производственные операции рекультива-

ции сводятся в основном к перемещению значительных масс пород (включая почвы).

С целью повышения эрозионной устойчивости и биологической продуктивности в процессе технической рекультивации выполаживают откосы отвалов и планируют их верхнюю поверхность (угол наклона вновь сформированных откосов для отвалов высотой от 5 до 10 м принимают равным $18-17^\circ$). Откосы могут выполаживаться с использованием канатных скреперов, бульдозеров или экскаваторов.

При отсутствии в геологоразведочных мастерских перечисленного оборудования возможно выполаживание откосов отвалов с помощью взрывов скважинных зарядов ВВ.

При лесохозяйственном направлении рекультивации планировка верхней поверхности отвалов производится в небольших объемах главным образом для того, чтобы на поверхности не оставались впадины, не имеющие стока для собирающихся в них вод, при этом используют бульдозеры.

Рекультивируемую поверхность отвалов почвообразующими и другими породами благоприятного механического и минералогического состава и почвами перекрывают с помощью бульдозеров или колесных скреперов.

Влияние горно-разведочных работ на другие компоненты окружающей среды (атмосфера и гидросфера) столь незначительно, что природоохранные мероприятия, как правило, не проводят. В отдельных случаях отмечается загрязнение шахтными водами поверхностных водоемов или сравнительно небольшие локальные изменения режимов подземных вод вследствие их стока по штольням с развитой сетью других подземных выработок. В первом случае шахтные воды могут очищаться простейшим способом в небольших водоотстойниках, во втором — сток воды прекращается при соответствующей герметизации устья штольни.

Комплекс природоохранных мероприятий при проведении горно-разведочных работ невелик, однако значение их, особенно в районах с развитым сельскохозяйственным или лесохозяйственным производством, весьма существенно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Горно-разведочные работы достаточно дороги, связаны со значительными затратами физического труда или энергоемки и тем не менее в определенных геологических условиях на различных стадиях разведки месторождений твердых полезных ископаемых они не только неизбежны, но во многих случаях и наиболее целесообразны.

В связи с изложенным проблемы совершенствования технологии и повышения качества проходческих работ весьма актуальны.

Основным направлением совершенствования технологии проведения горных выработок является комплексная механизация проходческих работ.

В процессе проведения открытых разведочных выработок (канав без крепи и траншей) комплексная механизация обеспечивается при использовании землеройной техники (канатные и колесные скреперы, канавокопатели, бульдозеры и экскаваторы).

Комплексная механизация шурфопроходческих работ достигается при проведении выработок бурением и использовании специальных конструкций металлической или пластиковой крепи.

Наиболее полная механизация строительства стволов разведочных шахт достигается при их достаточно большой (не менее 14 м^2) площади поперечного сечения, обеспечивающей возможность и целесообразность использования бурильных установок, грейферных пневмопогрузчиков, а в отдельных случаях комплексов оборудования, которые предназначены для строительства стволов по совмещенной технологической схеме с применением монолитной бетонной крепи.

В многооперационном процессе проведения горизонтальных подземных выработок наиболее полная механизация проходческих работ обеспечивается при прямоугольно-сводчатой форме и достаточно большой площади поперечного сечения, позволяющей эффективно использовать высокопроизводительные машины для бурения шпуров, уборки и транспортировки породы.

При проведении восстающих с использованием проходческих комплексов и щитовых агрегатов достигается высокая степень механизации работ. Механизация основных и по возможности вспомогательных процессов и совершенствование систем проветривания подземных (особенно протяженных горизонтальных) разведочных выработок обуславливает повышение технико-экономических показателей работ и улучшение условий труда проходчиков.

Качественную оценку проходческой работы целесообразно производить с учетом количества и достоверности получаемой

геологической информации, соответствия параметров поперечных сечений запроектированных и пройденных выработок и возможности использования последних при эксплуатации месторождений.

Неполная геологическая информация, полученная в результате, например, недостаточных объемов валовых проб или нерационального расположения выработок по отношению к рудному телу, может вызвать необходимость производства дополнительных горно-разведочных работ или впоследствии привести к осложнениям и снижению эффективности разработки месторождений (в том числе комплексного извлечения минерального сырья).

При проведении выработок с буровзрывной отбойкой пород практически неизбежно разрушение породного массива вне контура сечения выработки вчерне. С увеличением крепости пород разница между параметрами сечения выработки вчерне и в проходке возрастает; так, при проходке горизонтальной подземной выработки в крепких породах с площадью поперечного сечения вчерне менее 4 м² допустимый коэффициент превышения сечения в проходке составляет 1,12. Снижение этого коэффициента при выборе рациональных параметров БВР обеспечивает уменьшение объема и стоимости горных работ.

Использование подземных разведочных выработок при эксплуатации месторождения приобретает важное значение и особенно эффективно при больших масштабах горно-разведочных работ, выполненных в пределах шахтного поля. Стволы разведочных шахт используют на рудниках преимущественно в качестве вспомогательных выработок вскрытия; горизонтальные выработки чаще реконструируют с увеличением площади поперечного сечения. При этом возможности использования разведочных горизонтальных выработок во многих случаях утрачиваются в связи с их нерациональными углами наклона и расположением по отношению к рудным телам (правильный выбор местоположения разведочных штолен, квершлагов и штреков и надлежащий маркшейдерский контроль за их проведением устраняют эти недостатки).

С целью наиболее полного и целесообразного использования разведочных выработок при эксплуатации месторождения должны соблюдаться следующие положения:

комплекс выработок, пройденных при детальной разведке, должен быть учтен в проекте разработки месторождений;

проектирование выработок, проводимых на стадии эксплуатационной разведки и доразведки месторождений, должно осуществляться во взаимосвязи с проектом и состоянием эксплуатационных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багдасаров Ш. Б., Верчеба А. О., Пальмов И. И. Справочник горного инженера геологоразведочных партий.— М.: Недра, 1986.
2. Баранов Е. Г., Оберемок Л. Г. Взрывные работы на подземных рудниках.— М.: Недра, 1985.
3. Брылов С. А. Горное дело.— М.: Недра, 1975.
4. Брылов С. А., Багдасаров Ш. Б., Грабчак Л. Г. Современная технология и механизация горно-разведочных работ.— М.: Недра, 1976.
5. Брылов С. А., Грабчак Л. Г., Комащенко В. И. Охрана окружающей среды.— М.: Высшая школа, 1985.
6. Взрывные работы при разведке полезных ископаемых/С. А. Брылов, Л. Г. Грабчак, Г. Н. Бухаров и др.— М.: Недра, 1985.
7. Единые правила безопасности при взрывных работах.— М.: Недра, 1976.
8. Мухтаров Г. Г., Рогинский В. М. Проведение горизонтальных разведочных выработок.— М.: Недра, 1984.
9. Насонов И. Д., Федюкин В. А., Шуплик М. Н. Технология строительства подземных сооружений. I, II, III части.— М.: Недра, 1983.
10. Носков В. Ф., Комащенко В. И., Жабин Н. И. Буровзрывные работы на открытых и подземных разработках.— М.: Недра, 1982.
11. Правила безопасности при геологоразведочных работах.— М.: Недра, 1979.
12. Советов Г. А., Жабин Н. И. Основы бурения и горного дела.— М.: Недра, 1980.
13. Суханов А. Ф., Кутузов Б. Н. Разрушение горных пород взрывом.— М.: Недра, 1983.
14. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности.— М.: Недра, 1979.
15. Шехудрин В. К., Холобаев Е. Н., Несмотряев В. И. Проведение подземных горных выработок.— М.: Недра, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ	5
Глава 1. Общие сведения о свойствах пород	5
§ 1. Горно-технологические свойства пород	5
§ 2. Классификации горных пород	10
Глава 2. Бурение шпуров и бурильные машины	13
§ 1. Общие сведения о буровзрывных работах	13
§ 2. Способы разрушения горных пород при бурении	14
§ 3. Классификация машин для бурения шпуров	16
§ 4. Переносные, колонковые и телескопные перфораторы	18
§ 5. Бурильные машины вращательного действия	24
Глава 3. Инструмент, приспособления и установки	27
§ 1. Буровой инструмент для ударно-поворотного и вращательного бурения шпуров	27
§ 2. Установочные приспособления и устройства для бурильных машин	30
§ 3. Устройства для пылеподавления	33
§ 4. Компрессорные установки и электроагрегаты	34
§ 5. Оборудование для заточки и восстановления бурового инструмента	38
Глава 4. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ	40
§ 1. Общие сведения	40
§ 2. Взрывные работы при проведении горно-разведочных выработок	41
§ 3. Понятие о взрыве и взрывчатых веществах	42
§ 4. Технологические и взрывные характеристики промышленных ВВ	45
§ 5. Виды химических реакций ВВ	46
§ 6. Физическая сущность процесса детонации	49
§ 7. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации ВВ	52
§ 8. Методы определения скорости детонации	52
§ 9. Теплота, работоспособность ВВ, фугасное и бризантное действие взрыва	54
§ 10. Чувствительность ВВ к внешним воздействиям	58
Глава 5. Промышленные взрывчатые вещества	59
§ 1. Классификация промышленных ВВ	59
§ 2. Основные требования к промышленным ВВ	61
§ 3. Взрывчатые вещества типа химических соединений	64
§ 4. Промышленные ВВ на основе аммиачной селитры	65
§ 5. Водосодержащие промышленные ВВ	67
§ 6. Нитроэфирсодержащие ВВ	68
§ 7. Пороха	69

§ 8. Выбор типа ВВ и условия их рационального применения	70
§ 9. Методы оценки технологических свойств и испытаний взрывчатых материалов	71
Глава 6. Средства и способы инициирования зарядов ВВ	73
§ 1. Классификация средств и способов инициирования зарядов ВВ	73
§ 2. Технология огневого и электроогневого способов взрывания	74
§ 3. Электрическое взрывание, источники тока и контрольно-измерительные приборы	79
§ 4. Схемы электровзрывных сетей, их расчет	84
§ 5. Взрывание с помощью детонирующего шнура	86
Глава 7. Общие принципы расположения и расчета зарядов ВВ	89
§ 1. Общие сведения о зарядах ВВ	89
§ 2. Действие взрыва на массив горных пород	90
§ 3. Методы и расчет параметров взрывных работ	91
§ 4. Составление паспорта буровзрывных работ	101
Глава 8. Основные положения при производстве работ с взрывчатыми материалами	102
§ 1. Персонал, допускаемый к работе с ВМ и к руководству взрывными работами	102
§ 2. Приобретение ВМ	104
§ 3. Хранение ВМ	105
§ 4. Учет выдачи взрывчатых материалов	107
§ 5. Транспортировка и доставка ВМ	108
§ 6. Подготовка ВМ к использованию	111
§ 7. Способы уничтожения ВМ	112
Глава 9. Технология взрывных работ при проведении горно-разведочных выработок	113
§ 1. Расположение шпуров и скважин в забое	113
§ 2. Контурное взрывание и подготовка взрыва	115
§ 3. Механизированное заряжание шпуров и скважин	117
§ 4. Подготовка взрыва и заряжание шпуров	120
§ 5. Организация и производство взрывов	121
§ 6. Безопасные расстояния, их расчет	122
Глава 10. Применение взрывных работ при вспомогательных процессах	126
§ 1. Взрывные работы при строительстве дорог и корчевке пней	126
§ 2. Прострелочно-взрывные работы при перфорации скважин и отборе проб грунтоносами	127
§ 3. Торпедирование в водяных скважинах	128
§ 4. Взрывные работы при сейсморазведке	131
§ 5. Дробление льда взрывом	133
§ 6. Посадка насыпей на болотах. Взрывание мерзлых грунтов	134
Глава 11. Охрана труда при буровзрывных работах	136
§ 1. Общие положения	136
§ 2. Охрана труда при бурении шпуров	137
§ 3. Охрана труда при взрывных работах	140

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК	144
Глава 12. Горные выработки	144
§ 1. Общие сведения	144
§ 2. Открытые горные выработки	145
§ 3. Подземные горные выработки	146
Глава 13. Общие сведения о технологических процессах горных работ	150
§ 1. Разрушение горных пород	150
§ 2. Удаление горной массы из выработок	154
§ 3. Поддержание горных выработок	158
§ 4. Проветривание горных выработок	159
§ 5. Водоотлив, освещение горных выработок и вспомогательные операции. Организация работ	161
§ 6. Особенности горных работ и охрана труда при проведении горно-раз- ведочных выработок	164
Глава 14. Технология, механизация и организация проходки разведочных каналов и траншей	165
§ 1. Область применения и параметры разведочных каналов и траншей	165
§ 2. Способы проведения каналов и траншей. Организация проходческих работ	167
§ 3. Проходка разведочных каналов	169
§ 4. Проведение траншей	180
Глава 15. Проведение разведочных шурфов	186
§ 1. Область применения и параметры разведочных шурфов	186
§ 2. Способы проходки шурфов	187
§ 3. Проходка шурфов с ручной отбойкой пород	188
§ 4. Проходка шурфов с промораживанием и оттаиванием пород	197
§ 5. Проходка шурфов с использованием взрывчатых веществ	200
§ 6. Проходка шурфов с применением комплексной механизации работ	205
Глава 16. Проходка стволов шахт	214
§ 1. Область применения и параметры стволов	214
§ 2. Способы проходки стволов	218
§ 3. Основные процессы проходческих работ	221
Глава 17. Проведение горизонтальных подземных выработок	232
§ 1. Область применения и параметры горизонтальных разведочных выработок	232
§ 2. Особенности технологических процессов при проведении выработок . . .	236
§ 3. Буровзрывные работы в проходческом забое	240
§ 4. Уборка горной массы из выработок	245
§ 5. Поддержание выработок	251
§ 6. Проветривание выработок	256
§ 7. Вспомогательные операции	261
§ 8. Организация проходческих работ	262

Глава 18. Проходка наклонных подземных выработок	264
§ 1. Область применения и параметры наклонных выработок	264
§ 2. Особенности проведения восстающих	268
§ 3. Способы проходки восстающих	270
§ 4. Особенности проведения уклонов и наклонных стволов	276
Глава 19. Охрана окружающей среды при горно-разведочных работах	277
§ 1. Отрицательное воздействие геологоразведочных работ на окружающую среду	277
§ 2. Мероприятия, снижающие нарушение земной поверхности при геологоразведочных работах	277
Заключение	281
Список литературы	283

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Брылов Сергей Александрович

Грабчак Леонид Георгиевич

Комащенко Виталий Иванович

ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫЕ И БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Заведующий редакцией *Л. Н. Аважанская*

Редактор издательства *А. И. Ровинская*

Технические редакторы *Л. А. Мурашова, Л. Г. Лаврентьева*

Корректор *М. В. Дроздова*

ИБ № 5304

Сдано в набор 05.07.88. Подписано в печать 24.04.89. Т-08505. Формат 60×88¹/₁₆.
Бумага книжно-журнальная для офсетной печати. Гарнитура Литературная. Печать
офсетная. Усл. печ. л. 17,64. Усл. кр.-отт. 17,64. Уч.-изд. л. 19,80. Тираж 5970 экз.
Заказ 1493 Цена 95 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Отпечатано в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14, зак. 45, с диапозитивов Ленинградской типографии № 2-годового предприятия ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.