**Методические указания** для проведения лекций по дисциплине «Горные машины и проведение горных выработок» по специальности 130101.65 «Прикладная геология» и специализации «Геология нефти и газа» представлены в соответствии с утвержденной рабочей программой.

ЛЕКЦИЯ №1

**ТЕМА 1.1. Основы физики горных пород:**

1.1.1. Цели и задачи изучаемого курса;

1.1.2. Общие положения по физическим свойствам и характеристикам горных пород и их влияние на технологию разработки месторождений полезных ископаемых;

1.1.3. Классификация горных пород по крепости, буримости, трещиноватости, взрываемости, абразивности.

***Горная выработка*** — техническое сооружение в виде полости в недрах или на поверхности земли, созданное в целях геологического изучения, производства поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Горные выработки могут быть разнообразными по форме, размерам, положению в пространстве и назначению и оборудованы в соответствии с их назначением.

Горные выработки делятся на ***открытые*** и ***подземные. Открытые*** горные выработки проводятся на поверхности земной коры, а ***подземные*** — в ее недрах. К открытым выработкам относятся копуши, расчистки, канавы, траншеи, разрезы, карьеры, к подземным — штольни, штреки, квершлаги, орты, рассечки, скважины, шурфы, восстающие и другие выработки. Горная выработка для выполнения ее функционального назначения и сохранения в течение определенного времени оснащается транспортными и инженерными устройствами и специальными конструкциями различного назначения.

Горные выработки разделяют на ***разведочные,*** используемые для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, и ***эксплуатационные,*** применяемые для разработки месторождений.

***Горно-разведочные работы*** — работы, выполняемые в целях производства поисков и разведки полезных ископаемых, а также для их попутной добычи. *Горно-разведочные работы* позволяют наиболее детально по сравнению с другими видами разведки изучить особенности месторождения и свойства слагающих его пород.

В 1983 г. был разработан отраслевой стандарт по Министерству геологии СССР на горно-разведочные работы: ОСТ 41-02-233—83. Данный стандарт введен в действие с 1 января 1984 г. Действие ОСТа на территории России распространяется на все организации, ведущие горно-разведочные работы.

***Горно-разведочный объект —*** горно-технический комплекс, состоящий из системы подземных и/или открытых горных выработок, производственно-бытовых сооружений на земной поверхности и в самих выработках, и оборудования, необходимого для их проведения (рис. 1.1).

***Проведение горно-разведочной выработки —*** комплекс работ, в результате которых создается готовая горная выработка. Проведение выработки включает в себя работы по проходке и ее креплению, прокладке коммуникаций (вентиляции, энергоснабжения и водоснабжения), рельсовых путей и т. п.

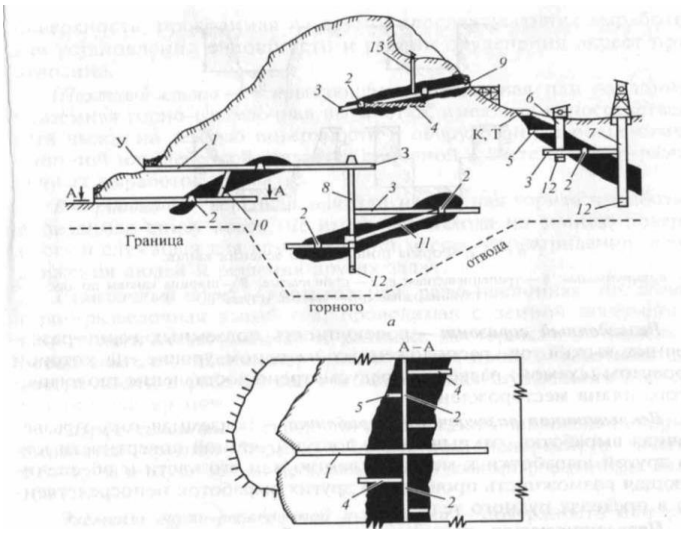
***Проходка горно-разведочной выработки —*** комплекс работ по образованию полости в земной коре с устройством в случае необходимости временных инженерных коммуникаций и временной крепи.

***Открытая горная выработка*** — горно-разведочная выработка, в поперечном сечении не имеющая замкнутого контура вследствие ее примыкания по всей длине к земной поверхности (рис. 3.2).

***Разведочный разрез*** — открытый горно-разведочный объект, на котором главной вскрывающей выработкой является разведочный карьер.

***Расчистка*** **—** открытая горно-разведочная выработка в виде выемки, проводимая в покровных отложениях с целью обнажения коренных пород при геологической съемке и поисковых работах; размеры расчистки по длине и ширине значительно превышают ее глубину.

***Копуш*** — открытая горно-разведочная выработка в виде выемки произвольной формы, проводимая в покровных отложениях с целью изучения покровного слоя и взятия пробы коренных пород при поисковых работах; размеры копуша по длине и ширине соизмеримы с глубиной.




Р и с . 1.1. Схема подземных горных выра-

*а* - в разрезе;
*б* - на плане*;*
*1-штольня; 2 - штрек;* **3** *– квершлаг;* **4** *– рассечка;* **5** *– орт; 6 — шурф; 7 - шахтный ствол;,* **8** *— слепой шахтный ствол; 9 — наклонный шахтный ствол;* **10** *—— восстающий; 11— уклон;* **12** *—— зумпфы вертикальных выработок;* **13** *—— скважина вентиляционная. Буквами обозначены: У - устье выработки; 3 - забой выработки; К, Т - канава,траншея*

***Разведочная канава —*** открытая горно-разведочная выработка, длина которой в три раза и более превышает ширину, проводимая с целью геологического изучения коренных пород и взятия проб по дну выработки.

***Магистральная канава —*** разведочная канава, пересекающая рудную зону в целом.

***Локальная канава —*** разведочная канава, пересекающая отдельные рудные тела и другие изучаемые геологические объекты.

***Разведочная*** траншея — открытая горно-разведочная выработка, проводимая при разведке россыпных месторождений для взятия крупных проб.

***Подземная горно-разведочная выработка —*** горно-разведочная выработка, пройденная в земной коре, ограниченная по всему контуру поперечного сечения горными породами (различают вертикальные, наклонные и горизонтальные подземные выработки).

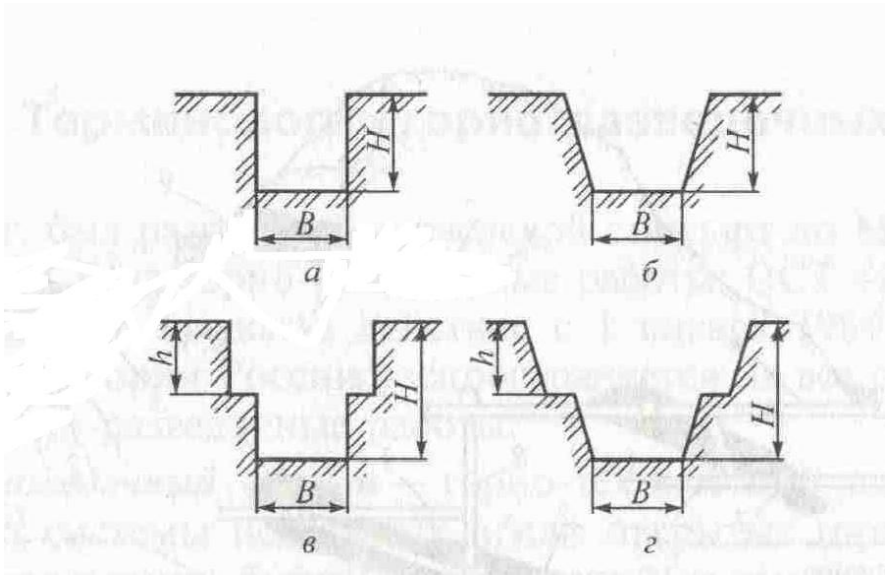



*Рис.1.1. Формы поперечного сечения канав.*
*а- прямоугольная, б- трапециевидная, в,г – ступенчатые.В-ширина канавы по дну; Н-глубина канавы, h- высота уступа.*

***Разведочный горизонт***-совокупность подземных горно-разведочный выработок, расположенных на одном уровне, на котором проектом (схемой)разведки предусмотрено составление геологического плана месторождения.

***Вскрывающая разведочная выработка*** - подземная горно-разведочная выработка, открывающая доступ с земной поверхности или из другой выработки к месторождению или его части и обеспечивающая возможность проведения других выработок непосредственно в пределах рудного тела.

***Прослеживающая разведочная выработка*** - подземная горно-разведочная выработка, проводимая в пределах рудных тел с целью установления сплошности или границ оруденения.

***Разведочная шахта*** - подземный горно-разведочный обьект, на котором главной вскрывающей выработкой является шахтный ствол или штольня.

***Разведочная штольня*** - вскрывающая горизонтальная подземная горно-разведочная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность; является основной в системе горно-разведочных выработок.

***Штрек*** - горизонтальная подземная горная выработка, не имеющая выхода на дневную поверхность, проведенная по простиранию залежи или по вмещающим породам параллельно простиранию залежи.

***Квершлаг*** - горизонтальная или наклонная горная выработка, проводимая вкрест простирания рудного тела (залежи) и не имеющая выхода на земную поверхность.

***Рассечка*** - прослеживающая подземная горно-разведочная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая из других прослеживающих выработок для установления сплошности и границ оруденения вкрест простирания.

***Шахтный ствол*** - вскрывающая вертикальная или наклонная подземная горно-разведочная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и оборудованная подъемными машиной или лебедкой; является основной в системе горно-разведочных выработок на шахте.

***Восстающий*** - вертикальная или наклонная горная выработка, проводимая снизу вверх, не имеющая выхода на земную поверхность и служащая для спуска горной массы, проветривания , передвижения людей и решения других задач.

***Разведочный шурф-*** вертикальная, реже наклонная, подземная горно-разведочная выработка, проводимая с земной поверхности при геологических съемках и разведке месторождений полезных ископаемых с целью их изучения и взятия проб, обеспечивающая доступ людей в рабочие зоны и оснащенная шурфовым подъемником или краном.

***Шурфо-скважина*** - вертикальная (редко наклонная) горная выработка круглой формы, с диаметром поперечного сечения 0,5-1,5 м и глубиной до нескольких десятков метров (иногда более 100 м).

***Элемент горно-разведочной выработки*** - поверхность или участок горно-разведочной выработки, имеющие самостоятельное функциональное назначение.

***Забой горно-разведочной выработки*** - торцевая поверхность горно-разведочной выработки, перемещающаяся в пространстве в результате отделения горных пород от массива при проходке выработки.

***Устье горно-разведочной выработки*** - плоскость пересечения подземной выработки с земной поверхностью или с другой выработкой.

***Сопряжение горно-разведочных выработок*** - место пересечения двух или более горно-разведочных выработок, ограниченное поверхностями перехода одной выработки в другую, и участки соответствующих выработок, примыкающие к этому месту.

***Кровля горно-разведочной выработки*** - поверхность горных пород, ограничивающая подземную горизонтальную или наклонную выработку сверху.

***Стенка горно-разведочной выработки*** - поверхность горных пород, ограничивающая подземную выработку сбоку.

***Почва горно-разведочной выработки*** — поверхность горных пород, ограничивающая подземную горизонтальную или наклонную выработку снизу.

***Дно горно-разведочной выработки*** — поверхность горных пород, ограничивающая открытую или подземную готовую вертикальную выработку снизу.

***Борт горно-разведочной выработки*** — поверхность горных пород, ограничивающая открытую выработку сбоку.

***Площадь поперечного сечения горно-разведочной выработки —*** площадь, ограниченная контуром горно-разведочной выработки или контуром ее крепи в плоскости, перпендикулярной оси выработки. Различают площадь поперечного сечения в свету, вчерне и в проходке.

***Площадь поперечного сечения горно-разведочной выработки в свету*** — площадь, ограниченная внутренним контуром крепи для вертикальных выработок и поверхностью балластового слоя рельсового пути (в горизонтальных и наклонных выработках).

***Площадь поперечного сечения горно-разведочной выработки вчерне*** — площадь, ограниченная проектным контуром выработки.

***Площадь поперечного сечения горно-разведочной выработки в проходке*** — площадь, ограниченная ее контуром у забоя.

***Физико-технические свойства пород.***

***Угол внутреннего трения*** — угол, возникающий между перемещающимися под действием деформации отдельными частями горной породы.

*Термостойкость* — способность противостоять высоким температурам не разрушаясь.

*Морозостойкость* — сопротивляемость воздействию перепада температур.

***Деформационно-прочностные свойства пород.*** Эти свойства характеризуют поведение горных пород под воздействием статических или динамических нагрузок.

*Пластичность* — способность горных пород под действием силы изменять форму и размеры не разрушаясь и сохранять их после снятия силы.

*Упругость* — способность горных пород восстанавливать форму и размеры после снятия действия силы. Характеризуется модулем упругости ***E*** (модулем Юнга), который является коэффициентом пропорциональности между действующим нормальным напряжением σ и

относительной продольной деформацией $\xi_e$:$\sigma=E\ \xi_e$,МПа, и коэффициентом Пуассона, который является коэффициен**том** пропорциональности между относительными поперечными $\xi_d$ и относительными продольными $\xi_e$ деформациями: $\mu = \xi_d / \xi_e$

Для большинства горных пород $E = 10^3 - 10^5$ МПа, $\mu = 0{,}15\text{-}0{,}4$.

*Хрупкость* — способность горных пород разрушаться без проявления упругопластических деформаций.

*Твердость* — свойство горных пород сопротивляться вдавливанию в них другого, более твердого тела.

*Вязкость* — сопротивление отделению части горной породы от ее массива. Это свойство, как и твердость, характеризует силу сцепления частиц породы между собой.

*Прочность (крепость) при сжатии* — способность горных пород противостоять разрушению при одноосном сжатии. Характеризуется пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж} = F/S$, Па, где $F$— нагрузка, Н; $S$— площадь поперечного сечения образца, м$^2$. Прочность горных пород зависит от структуры, текстуры, вязкости и ее минерального состава. С 1908 по 1926 г. профессором М.М. Протодьяконовым была разработана классификация горных пород по крепости (табл. 3.1). Все породы разделены на десять (X) категорий, каждой из которых соответствует один или несколько коэффициентов крепости $f = \sigma_{сж} \cdot 10^{-7}$ и коэффициент разрыхления $K_p = V_р/V_м$, где $V_р$ — объем породы после разрушения; $V_м$ — объем монолита до разрушения.

*Прочность при растяжении* — характеризуется пределом прочности на растяжение $\sigma_р = F/S$. Для горных пород отношение $\sigma_{сж}/\sigma_р = 7$—$22$. Чем крепче и плотнее порода, тем меньше это отношение. Для пород с $f \geq 10$ оно равно $\approx 10$.

*Паспорт прочности* — поведение горных пород при различных видах напряженного состояния. Ответственными за разрушение горных пород являются касательные напряжения $\tau = f(\sigma)$, являющиеся функцией нормального напряжения $\sigma$, действующего на площадке скольжения частей разрушаемой горной породы.

Классификация крепости горных пород по М.М. Протодьяконову с указанием категорий по буримости и коэффициента разрыхления Таблица 1.1

| Категория крепости | Степень крепости | Коэффициент крепости | Категория по буримости | Коэффициент разрыхления |
|---|---|---|---|---|
| I | Высшей степени крепкие (базальты) | 20 | XX | 1,7-2,0 |
| II | Очень крепкие (порфир, гранит, кремний, кварцит) | 19<br>18<br>17<br>16<br>15 | XIX<br>XVIII<br>XVII<br>XVII<br>XVI | 1,7-2,0<br>1,6-1,9<br>1,5-1,8<br>1,5-1,8<br>1,5-1,7 |
| III | Крепкие (песчаники, известняки, железные руды, мрамор, доломит) | 14<br>13<br>12<br>11<br>10<br>9<br>8 | XVI<br>XVI<br>XV<br>XV<br>XIV<br>XIV<br>XIII | 1,4-1,6<br><br>1,3-1,5 |
| IV | Довольно крепкие (песчаники, сланцы) | 7<br>6<br>5 | XII<br>XII<br>XI | 1,3-1,5 |
| V | Средней крепости | 4 | X IX | 1,3-1,5 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (сланцы, мергель, глины) | 3 | VIII | |
| VI | Мягкие (мел, уголь, тв. грунт) | 2<br>1.6 | VII<br>VI | 1,3-1,5 |
| VII<br>VIII<br>IX<br>X | Мягкие Земли-стые Сыпучие Плывучие | 1<br>0,6<br>0,5<br>0,3 | V<br>IV<br>III<br>II<br>I | 1,2-1,4<br><br>1,2<br>1,1<br>1,05 |

Коэффициент структурного ослабления (Кс) — определяется как отношение прочности горной породы в массиве к ее прочности в куске.

| ***Категория пород по трещиноватости…….*** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Коэффициент*** $K_c$…… | 0,1-03 | 03,-0,5 | 0,5-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0 |

*Коэффициент длительной прочности* (ξ) — определяется как отношение предела прочности при длительном нагружении к пределу прочности при стандартных условиях. Для кварцевых пород ξ=1-0,7, а для осадочных ξ = 0,5—0,7.

Большинство вышеперечисленных свойств определяется под воздействием статической нагрузки. Аналогично можно определять эти же свойства при динамической нагрузке, таким образом, будем иметь динамические деформационно-прочностные характеристики горных пород.

***Горно-технологические свойства пород.*** *Абразивность* — способность горных пород истирать породоразрушающий инструмент (мг). Абразивность зависит от твердости, формы зерен минералов, их размеров, пористости и влажности. Все горные породы классифицированы по абразивности и имеют восемь классов в зависимости от степени и показателя абразивности.

*Буримость* — сопротивляемость внедрению бурового инструмента; зависит от упругости, прочности, пластичности, твердости, вязкости и абразивности; определяется как время бурения 1 м шпура (скважины) в стандартных условиях и отражает механическую скорость бурения (м/ч). Классификация горных пород по буримости применительно к ведению горных работ приведена в табл. 1.1.

*Коэффициент разрыхления* характеризует отношение объема разрушенной породы к объему породы до разрушения.

*Взрываемость* — сопротивляемость разрушению взрывом. Зависит от крепости, пластичности, хрупкости, трещиноватости, структуры, текстуры и других свойств породы.

*Трещиноватость* — совокупность трещин любого происхождения, размеров и направлений в горной породе (табл. 1.2). На количество трещин влияют горное давление и механические нагрузки, воздействующие на породу снаружи (бурение, удары) и внутри (взрыв заряда ВВ).

Таблица 1.2

Классификация горных пород по трещиноватости

| **Категория по трещиноватости** | **Степень трещиноватости (блочности)массива** | **Среднее расстояние между трещинами, м** | **Удельная трещиноватьсть, трещ./м** |
|---|---|---|---|
| I | Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные) | До 0,1 | Более 10 |
| II | Сильнотрещиноватые (сред-неблочные) | 0,1-0,5 | 2-10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ш | Среднетрещиноватые (крупноблочные) | 0,5-1,0 | 1-2 |
| IV | Малотрещиноватые (весьма крупноблоч-ные) | 1,0-1,5 | 0,65-1 |
| V | Практически монолит-ные | Свыше 1,5 | До 0,65 |

***Насыпная плотность*** — $\gamma_н = \rho/К_р$; $\rho$— объемная плотность породы; $К_р$ — коэффициент разрыхления.

***Коэффициент структуры*** — характеризует влияние структурных особенностей горной породы на расход ВВ. При взрывной отбойке он изменяется от 1 до 2.

***Угол естественного откоса*** — угол между горизонтальной поверхностью и линией уклона холма, насыпанной горной породы.

ЛЕКЦИЯ №2

**ТЕМА 1.2. Горнопроходческие машины и комплексы:**

1.2.1. Общие сведения о горнопроходческих машинах и комплексах;

1.2.2. Машины и механизмы, применяемые при производстве горно-разведочных работ на дневной поверхности;

1.2.3. Обоснование выбора оборудования; буровых труб.

Основными операциями горно-проходческих работ являются отделение породы от массива, проветривание и уборка породы из горной выработки. К вспомогательным операциям по мере необходимости относятся крепление, водоотлив, наращивание различных коммуникаций (труб, кабелей, рельсов и т. п.).

Периодически повторяющаяся последовательность выполнения операций при проведении (проходке) горной выработки называется горно-проходческим циклом.

При проведении выработок используют в основном три вида работ: работы, выполняемые с помощью машин, буровзрывные работы и работы, выполняемые вручную. Объем каждого вида работ при проведении тех или иных выработок зависит от горно-геологических и экономических условий, а также от свойств пород и других факторов.

I. ***Буровзрывные работы*** (БВР) при проходке выработок применяются в породах с коэффициентом крепости более V и получили наибольшее распространение как экономически выгодные работы. Сущность БВР заключается в отделении от массива и дроблении определенного объема породы с помощью энергии взрыва в пределах контура выработки.

При использовании БВР основными операциями горно-проходческого цикла являются бурение шпуров, заряжание и взрывание, проветривание и уборка породы.

После проветривания выработки уборка породы осуществляется вручную или с помощью горных машин.

К вспомогательным операциям горно-проходческого цикла при буровзрывном способе по мере необходимости относятся следующие: крепление выработки, настилка рельсовых путей, наращивание трубопроводов (сжатого воздуха, воды, проветривания), удлинение кабелей (электроснабжения, телефонной связи) и другие операции, необходимые при проведении выработки.

В процессе проведения выработок постоянно обеспечиваются такие работы, как проветривание, освещение, водоотлив и контроль состояния массива пород в выработке. Основной объем выработок (80—90 %) проходится с помощью БВР.

П. ***Работы, выполняемые с помощью машин,*** используются при проходке выработок в породах с коэффициентом крепости (***f***) по М.М. Протодьяконову до IV без предварительь-

ного рыхления, а при коэффициенте крепости >IV производится сначала предварительное рыхление с помощью буровзрывных работ, а затем удаление породы из выработки машиной.

В качестве горных машин применяют экскаваторы, скреперы, бульдозеры, породопогрузочные, пододоставочные, буровые установки и другие машины и механизмы. Для проходки шурфов бурением в породах с/= I—4 применяют буровые установки (машины) вращательного типа с породоразрушающим инструментом режущего действия (шнекобуры, ковшовые буры, грейферные и другие буры), а для пород с $f > 4$ с колонковым или шарошечным инструментом. Кроме установок вращательного типа применяют буровые установки ударно-канатного действия с использованием инструмента в виде крестовых долот и желонок, а также установки с напорными грейферами. Глубина бурения до 50—60 м, а в основном — до 20—30 м. На долю машин приходится примерно 10—15 % объема проходки выработок.

III. ***Работы, выполняемые вручную,*** при проходке выработок присутствуют всегда. Обеспечиваются они физической силой человека, применяющего подручные средства, например, для рыхления породы и ее уборки из выработки. Рыхление осуществляется кайлами (кирками), ломами и т. п. инструментами. Для уборки породы (погрузка и транспортировка) используются лопаты (штыковые, совковые, шахтерские), ведра, бадьи, вагонетки и др. Выемка породы вручную применяется в основном для проходки небольших по объему горных выработок, а также горных выработок, расположенных в труднодоступных районах. К таким выработкам относятся: открытые — копушы и канавы; иногда подземные — шурфы глубиной до 10 м и короткие рассечки до 20—30 м.

В рыхлых и мягких породах горные выработки проходятся без предварительного рыхления (наносы, суглинки, глины, пески, лёсс и т. п.). Коэффициент крепости пород по М.М. Протодьяконову $f = 0{,}3$—2. В породах средней крепости ($f = 3$—5 — мел, уголь, сланцы, глины и т. п.) с предварительным рыхлением кирками, ломами или отбойными молотками. При $f > 6$ горные выработки могут проходиться вручную с предварительным рыхлением пород с помощью буровзрывных работ (подробнее см. далее «Взрывные работы»).

Обязательным является заряжание шпуров патронами взрывчатого вещества вручную. Объем ручного труда при проведении выработок колеблется от 10 до 100 % в зависимости от конкретных условий работ. На долю ручного труда приходится от 5 до 15 % объема проходки выработок. Все виды работ, перечисленных выше, присутствуют при проведении открытых и подземных горно-разведочных выработок.

Технологический процесс бурения шпуров представляет собой разрушение породы на забое шпура и удаление из него продуктов разрушения (шлама). На бурение шпуров при проведении выработок по крепким породам приходится 25 — 40 % общих трудовых затрат и до 60 % стоимости проходческих работ.

При проведении горных выработок применяют *вращательный, ударно-поворотный, ударно-вращательный и вращательно-ударный механические способы бурения шпуров и скважин.*

При ***вращательном бурении*** порода разрушается резанием под действием осевой нагрузки и вращающего момента, передаваемого бурильной машиной породоразрушающему инструменту в виде резцов или шарошечных долот. При использовании резцов осевая нагрузка должна превышать сопротивление породы внедрению режущих лезвий, а вращающий момент — сопротивление сколу (сдвигу) участков породы, прилегающих к режущим кромкам резца.

***Бурильные машины*** вращательного действия для бурения шпуров называют сверлами. По виду потребляемой энергии сверла подразделяют на *электрические, пневматические, гидравлические* и *сверла* с двигателями внутреннего сгорания *(мотосверла* или *мотобуры).*

По массе и условиям применения сверла подразделяют на ручные—массой до 25 кг, колонковые — до 130 кг и съемные — до 700 кг. Колонковые сверла в процессе работы устанавливают на специальные распорные колонки, которым они и обязаны своим названием.

Ручные сверла используют при бурении шпуров глубиной 1,5—3,0 м и диаметром 40—45 мм вручную или с легких поддерживающих устройств в породах с $f < 4$. Разновидности ручных сверл, конструкцией которых предусмотрены механизмы для принудительной подачи машины на забой, обеспечивают возможность бурения шпуров в породах с $f < 6$. Колонковые сверла применяют в породах с $f < 10$. Промышленность выпускает электрические ручные сверла типов ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, ЭРП18Д-2М и СЭР-19М, в которых используют асинхронные двигатели мощностью 1,0— 1,4 кВт.

Напряжение питания электросверл 127 В, его получают от пускового агрегата АП-4, который включают непосредственно в шахтную сеть напряжением 660 или 380 В. Все ручные электросверла отечественного производства имеют дистанционное включение по искробезопасной схеме, при которой в корпусе сверла размешают однофазный выключатель цепи напряжением 36 В. Трехфазный силовой выключатель напряжения 127 В расположен в корпусе пускового агрегата АП-4.

Все горные электросверла выполняют во взрывобезопасном исполнении. Электросверла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М и ЭРП18Д-2М выпускает Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева.

***Ручные пневмосверла*** применяют в шахтах, особо опасных по взрыву газа или пыли, для бурения шпуров по породам с $f < 4$. Пневмосверло СРЗ предназначено для бурения шпуров без промывки, а СРЗМ — с промывкой шпуров водой.

***Мотосверла*** (мотобуры) предназначены для бурения шпуров и неглубоких скважин в мягких и мерзлых горных породах при поисковых, геологосъемочных и инженерно-геологических исследованиях. Привод мотосверл осуществляется от бензинового двигателя внутреннего сгорания. При проведении подземных выработок мотобуры не применяют.

***Колонковые электросверла*** с гидравлической подачей ЭБГП-1 и ЭБГП-2У5 предназначены для бурения шпуров глубиной до 2,2 м с промывкой при проведении горизонтальных и наклонных выработок по породам с коэффициентом крепости $f < 10$. Сверло ЭБГП-1 (электробур с гидравлической подачей) состоит из электродвигателя, двухскоростного редуктора, гидропривода подачи, двух гидроцилиндров подачи с цапфами для установочного приспособления, траверсы с полым шпинделем.

Штоки гидроцилиндров соединены с траверсой и могут перемещать ее совместно со шпинделем вперед и назад на величину хода подачи 900 мм. Одно из достоинств электробура — особое устройство шпинделя и траверсы, позволяющее осуществлять перехват штанги, что дает возможность бурить шпуры на глубину до 2,2 м одной штангой без наращивания инструмента.

Электродвигатель, редуктор и блок гидропривода скреплены между собой фланцевыми соединениями. В шпинделе размещают буровую штангу и присоединяют водоподводящий шланг.

К буровому инструменту при вращательном бурении шпуров относят ***бурильные штанги*** и съемные ***резцы*** (табл. 2.1). Соединение штанги с резцом называют ***буром***. Штанги изготовляют из витой и круглой пустотелой буровой стали марок У-7, У-8, У-10. Витые штанги применяют при бурении шпуров ручными сверлами. Шаг витков равен 100—110 мм, длина витых штанг 1—3 м. При бурении ручными сверлами обычно применяют комплект буров, а начинают работать буром длиной 1 — 1,2 м. При бурении с увлажнением используют витые штанги с осевым каналом. Буровая мелочь при этом выдается винтовыми лопастями штанги, а промывочная жидкость (2,5—3 л/мин) охлаждает инструмент и подавляет пыль.

Для колонковых сверл применяют круглые пустотелые штанги диаметром 32 мм, длиной до 2,5—2,7м и резцы РП-7, РБ42-2, БИ-741В, РП-43, РПА-30, РКГ, Д2С, ДЗС и др.

Таблица 2.1

Резцы для вращательного бурения шпуров.

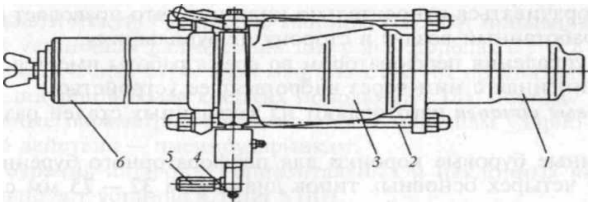
| **Буровое обору-** | **Коэффициент крепо-** | **Тип резца** | **Диаметр резца, мм** | **Марка твердого сплава** | **Масса резца, кг** |
|---|---|---|---|---|---|

| дование | сти *f* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ручные электро-сверла | 2 | РУ-4М | 43 | ВК-4В | 0,17 |
| | 4 | РУ-43 | 43 | ВК-8 | 0,12 |
| | | РУ6-1 | 44 | ВК-8 | 0,18 |
| Ручные и колонко-вые | 6 | РУ-13М | 41 | ВК-8 | 0,16 |
| сверла | | | | | |
| Колонко-вые сверла | 8 | РП-7 | 41 | ВК-8 | 0,18 |
| | 10 | РП-42 | 42 | ВК-6 | 0,28 |

Резцы изготовляют из инструментальной стали марок У-7, 45, 45Г2 и армируют пластинками вольфрамокобальтового твердого сплава.

Бурильные машины ударно-поворотного действия называют ***перфораторами.*** По виду потребляемой энергии перфораторы подразделяют на *пневматические, гидравлические, электрические* и *перфораторы с двигателями внутреннего сгорания (мотоперфораторы).*

Электрические перфораторы, не получившие распространения на горных и геологоразведочных работах, применяют в строительстве. Мотоперфораторы применяют для бурения шпуров при проведении открытых выработок.



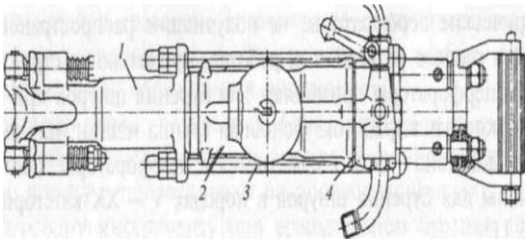

Р и с . 2.1. Телескопный перфоратор

Основная группа машин ударно-поворотного действия — это пневматические перфораторы. Они предназначены для бурения шпуров в породах V — XX категорий (см. табл. 1.1).

По назначению и массе ***пневматические перфораторы*** подразделяют на переносные (ПП), колонковые (ПК) и телескопные (ПТ). Переносные перфораторы ПП36, ПП50, ПП54, ПП63 предназначены для бурения шпуров с пневматических поддержек или других установочно-подающих устройств. Колонковые перфораторы ПК50, ПК60, ПК75, ПК120 и другие имеют большую массу, поэтому устанавливаются для бурения шпуров на манипуляторах бурильных установок или распорных колонках.

Колонковые ***перфораторы*** применяют для бурения шпуров в горизонтальных и наклонных выработках и реже (при установке их на специальные распорные колонки) — при бурении шпуров, направленных вверх, например, при проходке восстающих или, наоборот, вниз — при проходке стволов шахт.

***Телескопные перфораторы*** ПТ38 и ПТ48 (рис. 2.1.) применяют для бурения шпуров, направленных вверх, в различных по крепости породах. Особенность конструкции этих перфораторов — наличие специальной пневматической распорной колонки (податчика), с помощью которой перфоратор устанавливают под необходимым углом к вертикали и благодаря которой создается требуемая осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент.



Р и с . 2.2. Переносной перфоратор ПП-63:

1- ствол; **2 –** цилиндр с воздухораспределительным механизмом**; 3** — **стяжные болты;**

***Переносные перфораторы*** по конструкции мало отличаются друг от друга. Перфоратор (рис. 2.2 ) состоит из цилиндра, ствола и задней крышки, соединенных между собой стяжными болтами с гайками. Поршень-ударник под действием сжатого воздуха, поступающего попеременно в переднюю или заднюю относительно поршня полость цилиндра, совершает возвратно-поступательное движение. Очередность подачи сжатого воздуха регулируется клапанным воздухораспределительным устройством. В конце рабочего хода поршень-ударник своим штоком ударяет по хвостовику бура. При обратном ходе поршень-ударник поворачивает бур на некоторый угол. Для удаления из шпура разрушенной горной породы перфоратор имеет промывочное устройство, которое по промывочной трубке перфоратора, осевому каналу в штанге и отверстиям в коронке подает воду на забой шпура. Бурodержатель служит для центрирования бура в процессе бурения шпура и извлечения бура из шпура. Глушитель шума, выполненный из резины, установлен над выхлопными отверстиями, имеющимися в стенке цилиндра, и может поворачиваться относительно цилиндра, что позволяет направлять отработанный воздух в сторону от бурильщика.

Для управления перфоратором во время работы имеется рукоятка, соединенная с ним через виброгасящее устройство.

***Буровые штанги*** изготовляют из закаленных сталей различных марок.

Съемные буровые коронки для перфораторного бурения изготовляют четырех основных типов диаметром 32 — 75 мм с конусным или резьбовым соединением с буровой штангой.

***Коронки*** для перфораторного бурения: долотчатая с пластинчатыми твердосплавными вставками (КДП), используется в вязких монолитных породах; крестовая с пластинчатыми вставками (ККП), используется в вязких трещиноватых и абразивных породах; неперетачиваемая со штыревыми вставками (КНШ) используется в хрупких абразивных породах; трехлезвийная со штыревыми вставками (КТШ) используется в хрупких монолитных и трещиноватых породах.

Коронки диаметром до 43 мм должны применяться в перфораторах с энергией удара до 63 Дж, диаметром 46—65 мм — до 88,26 Дж, диаметром 65—115 мм — до 147,1 Дж.

В марке коронки указывают тип коронки, а также ее диаметр и начальный диаметр посадочного конуса, т. е. толщину штанги по граням или внешний диаметр круглой штанги. Например, марку коронки КТШ 40-25 расшифровывают следующим образом: коронка трехперая, штыревая, диаметр головки 40 мм, диаметр посадочного конуса (начальный) 25 мм.

Для бурения шпуров в выработках с площадью поперечного сечения свыше 6 м$^2$ применяют различные бурильные установки.

У ***бурильных установок*** предусмотрено использование на одном и том же податчике сменных бурильных машин. Фиксируют раму податчика в определенной зоне забоя с помощью специального распорного гидро- или пневмоцилиндра.

***Бурильные машины*** вращательно-ударного действия универсальны: в породах с $f < 8$ они работают в режиме вращательных машин, а в породах с $8 < f < 16$ — в режиме вращательно-ударных. Враща-тельно-ударные бурильные машины с гидравлическими, пневмати-

ческими и механическими ударниками используют в бурильных установках. Примером универсальной бурильной машины с гидравлическим ударным механизмом является гидравлическая бурильная машина БКГ-2.

Пневматическую бурильную машину 1100-1М применяют в бурильных установках для бурения шпуров в породах с $f$ = 8—12.

Пневматическая бурильная машина БГА-1М предназначена для бурения шпуров в более крепких породах ( $f$ < 16), поэтому ее конструктивные параметры приближаются к машинам ударно-вращательного действия — пневмоударникам.

Для бурения шпуров в горизонтальных и наклонных выработках используют установки типа УБШ.

Под зоной бурения установки следует понимать прямоугольный участок плоскости (со скругленными верхними углами, радиусом не более 0,4 м), перпендикулярной продольной оси установки. В табл. 2.2 представлено оборудование для бурения шпуров.

Таблица 2.2
Оборудование для бурения шпуров

| **Тип оборудования** | **Марка бурильной машины** | **Коэффициент крепости пород $f$** | **Площадь поперечного сечения выработки, м²** |
|---|---|---|---|
| Ручные сверла | ЭР-14Д-2М<br>ЭР-18Д-2М<br>СР-3М<br>ЭРП-18Д-2М | $f$≤2<br>$f$≤2<br>$f$≤4<br>$f$≤4 | Любая |
| Колонковые электросверла | ЭБГП-1<br>ЭБГП-2У5 | $f$≤10<br>$f$≤10 | До 6<br>То же |
| Переносные перфораторы на пневмоподдержках | ПП36<br>ПП50<br>ПП54<br>ПП63 | $f$≤9<br>$f$≤14<br><br>$f$≤18<br>$f$≤16 | Любая<br>»<br>»<br>» |
| Бурильные установки | 1100-1-1М<br>БГА<br>БГА-1М | $f$=6-14<br>$f$=6-16<br>$f$=8-16 | 6-9<br>6-9<br>6-12 |
| Бурильная установка СБКН-2М | Колонковый перфоратор П К60 | $f$=10-20 | 5-10 |

**ЛЕКЦИЯ №3**

**ТЕМА 1.2. Горнопроходческие машины и комплексы** *(продолжение)***:**

1.2.4. Бурильные машины и установки, применяемые на открытых и подземных работах, их классификация, принцип работы, достоинства и недостатки, область применения;

1.2.5. Навесное бурильное оборудование;

1.2.6. Породопогрузочные машины и проходческие комбайны, их конструктивные особенности и область применения;

Разрушение крепких пород в основном производится с помощью буровзрывных работ (БВР).

На стадии поисков и разведки месторождений с помощью ***взрывчатых веществ*** **(ВВ)** дробят породы при проходке разведочных шурфов, канав и траншей, еще большие объемы горно-разведочных работ выполняют на стадиях эксплуатационной разведки месторождения.

При разрушении крепких пород используют различные взрывчатые материалы (общепринятая аббревиатура — ВМ) и средства возбуждения взрыва (средства взрывания — СВ или средства инициирования — СИ). Определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, называют зарядом ВВ. Обычно заряд ВВ размещается непосредственно в среде, подлежащей разрушению, для чего в ней предварительно формируются зарядные камеры — шпуры, скважины, щели, а иногда и горные выработки.

Под ***взрывом*** понимается процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за весьма короткий промежуток времени. По своей природе взрыв может быть физическим, химическим и ядерным.

В горной промышленности применяют преимущественно химические взрывы с использованием различных взрывчатых веществ.

***Взрывчатыми веществами*** называют химические соединения или смеси веществ, способные под влиянием внешнего воздействия (удара, нагрева и т. п.) к самораспространяющемуся быстрому превращению в газообразные продукты. Образующиеся газы раскалены и, расширяясь, производят механическую работу, создавая в окружающей среде поля напряжений.

Взрывчатые вещества являются компактными энергоносителями. Ни одна машина при равной массе и размерах не может развить такую мощность, как ВВ. Объясняется это тем, что реакция выделения энергии при взрыве протекает очень быстро. Скорость взрывчатого превращения аммонита составляет 4000 м/с. Мощность взрыва I кг аммонита составит более 16,5 млн кВт.

По агрегатному состоянию взрывчатые вещества могут представлять собой газовые смеси (метан, водород с кислородом или воздухом и др.), жидкие вещества (нитроглицерин), смеси жидких веществ (тринитрометан с бензолом), твердые соединения (гремучая ртуть), смеси твердых соединений (порох), смеси твердых соединений и жидких веществ (аммиачная селитра с соляровым маслом). В горном деле наибольшее распространение получили взрывчатые смеси из твердых соединений и жидких веществ.

Известны три формы химического превращения ВВ. *Термический распад,* возникающий при нагреве В В ниже температуры вспышки и протекающий без выполнения механической работы. *Взрывное горение* — реакция химического разложения, протекающая по массе ВВ без образования ударной волны при нагреве ВВ выше температуры вспышки. *Детонация* — процесс взрывного превращения, вызываемый прохождением по веществу ударной волны и распространяющийся с постоянной для данного физического состояния вещества сверхзвуковой скоростью (1,5—9 км/с).

Взрывчатые вещества можно *классифицировать* по различным признакам. В зависимости от характера превращения и условий эксплуатации ВВ подразделяют на *метательные* (или пороха) и *бризантные.* Первые используют в режиме горения, например при отбойке (с минимальным дроблением) блочного камня — мрамора, гранита и т. п. Бризантные ВВ используются в режиме детонации на горных работах.

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

Свойством, в значительной мере определяющим степень концентрации энергии в единице объема ВВ, является его плотность (кг/м$^3$). К физическим свойствам россыпных и гранулированных ВВ относят *сыпучесть* — способность ВВ перемещаться по трубопроводам и шлангам к месту заряжания. *Водоустойчивостью* называют способность В В сохранять свои взрывчатые свойства при погружении в воду. *Работоспособность* (фугасность) ВВ характеризует величину работы, совершаемой газообразными продуктами взрыва при их расширении. *Бризантность* ВВ — способность производить дробящее действие — опреде-

ляется плотностью энергии на фронте детонационной волны и проявляется в непосредственной близости от заряда.

***Классификация промышленных взрывчатых веществ.*** Для производства взрывных работ могут использоваться только такие ВВ, на которые имеются ГОСТы или утвержденные технические условия и разрешение Госгортехнадзора РФ на допуск их к применению.

Такие взрывчатые вещества называют промышленными.

Все промышленные В В должны удовлетворять следующим основным требованиям: не оказывать вредного влияния на организм человека, иметь относительно низкую стоимость и высокую сохраняемость при транспортировании, хранении и использовании. Вместе с тем промышленные ВВ должны безотказно детонировать от стандартных средств инициирования зарядов и обладать достаточной мощностью. Кроме того, стремятся, чтобы промышленные ВВ были пригодны к механизированному заряжанию. Дополнительными требованиями, учитывающими специфику условий ведения взрывных работ, являются: водоустойчивость, небольшое (до 40 л условной СО) количество ядовитых газов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ и низкая температура пламени при взрыве.

По условиям применения все промышленные ВВ разделяют на восемь классов. К I и II классам относятся так называемые непредохранительные ВВ, которые могут использоваться лишь в условиях, безопасных по взрыву горючих газов или пыли. При этом ВВ I класса применяют только на дневной поверхности, а II класса могут использоваться и в подземных условиях.

ВВ III—VII классов относятся к предохранительным и предназначены для производства работ в определенных специфических условиях, в том числе при наличии метана и (или) взрывчатой пыли.

К VIII классу относят непредохранительные и предохранительные ВВ, предназначенные для ведения специальных взрывных работ: обработка металла, взрывание сульфидных руд, прострелочно-взрывные работы в нефтяных и газовых скважинах и др. Область применения ВВ каждого класса строго регламентируется Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Взрывчатые вещества I класса упаковывают в мешки из неокрашенной бумаги, из такой же бумаги изготовляют и гильзы патронированных ВВ, а на ящики с ВВ этого класса наносят белую полосу. У ВВ II класса цвет отличительной полосы или оболочек патронов (пачек) красный. Упаковка предохранительных ВВ III класса имеет синий цвет, а IV—VII классов — желтый. У специальных ВВ (VIII класс) в зависимости от их назначения маркировочный цвет может быть белым, красным, черным или зеленым.

*Индивидуальные взрывчатые соединения.* Большинство индивидуальных ВВ представляет собой нитросоединения, содержащие богатые кислородом группы ($N0_2$) или ($ON0_2$). Некоторые из них применяются в чистом виде, другие — в качестве добавок при изготовлении смесевых ВВ. К индивидуальным взрывчатым соединениям относятся тротил, гексоген, тетрил, нитроглицерин, тэн, азид свинца, гремучая ртуть, динитронафталин, нитрогликоль и др.

*Смесевые взрывчатые вещества* (табл. 3.1). Подавляющее большинство промышленных взрывчатых смесей в качестве основного компонента содержит аммиачную селитру $NH_4N0_3$ (от 30 до 95 % по массе). Некоторые промышленные ВВ можно изготовить непосредственно на месте ведения взрывных работ, приготовление других ВВ допускается только в заводских условиях.

*Пороха* также относятся к смесевым ВВ заводского изготовления. Пороха разделяют на дымные и бездымные.

*Дымный порох* представляет собой смесь 75 % калиевой селитры $KN0_3$, 15 % серы и 10 % древесного угля. Применяют порох при добыче штучного камня и крупных блоков для строительства и скульптурных работ. Кроме того, дымный порох применяется для изготовления огнепроводных шнуров.

*Бездымные пороха* бывают пироксилиновыми (на основе спиртоэфирных смесей) и нитроглицериновыми. Бездымные пороха более безопасны в обращении, чем дымный порох. Допущены они к применению только на открытых работах.

При выборе ВВ взрываемые массивы разделены по крепости пород на две группы: 1) с коэффициентом крепости $f$ по шкале М.М. Протодьяконова до 12 включительно и 2) с коэффициентом крепости $f > 12$. В зависимости от обводненности — также на две группы: 1) сухие и 2) обводненные.

Для заряжания скважин на открытых горных работах, заряды которых будут находиться в скважинах до взрыва от 7 до 30 сут, пригоден только гранулотол или алюмотол. Водоустойчивые ВВ с ограниченным сроком нахождения в воде необходимо заряжать с предварительным осушением скважин или с влагоизоляцией зарядов. В подземных условиях для обводненных шпуров и скважин рекомендуется применять только патронированные ВВ.

Широкое применение находят *порэмиты.* Основой этих ВВ является эмульсия, в которой жидкое горючее покрывает тонкой пленкой капли насыщенного раствора аммиачной и натриевой селитры, образуя обратные эмульсии. Эти эмульсии состоят из частиц размером около 2 мкм, чрезвычайно водостойки и обладают высокой стабильностью. Для инициирования взрыва самой эмульсии необходим очень мощный начальный импульс, и для повышения ее детонационной способности уменьшают объемную плотность, доводя ее до 1,2—1,3 г/см$^3$.

Более дешевыми взрывчатыми веществами являются смеси по-рэмитов с аммиачной селитрой или АС-ДХ. За рубежом такие ВВ получили название *эмуланов,* а в России — *гранэмитов.* Изготовляют гранэмиты в смесительно-зарядных машинах смешением игданита с эмульсией порэмита (при температуре последней не ниже 65 °С) непосредственно на месте заряжания скважин.

*Способы и средства взрывания.* Все смесевые промышленные ВВ обладают относительно невысокой чувствительностью и неспособны взрываться от непродолжительного воздействия теплового луча. Для возбуждения детонации заряда промышленного ВВ необходим мощный начальный импульс. Такой импульс создается взрывом специальных ВВ, способных надежно детонировать от пламени даже в малых (1 г и менее) количествах. Эти ВВ называют инициирующими. Они характеризуются высокой скоростью детонации и малым критическим диаметром (0,02—3 мм).

*Инициирующие ВВ* разделяют на два вида: первичные — обладающие наибольшей чувствительностью, но относительно невысокой бризантностью, и вторичные — высокобризантные. Высокобризантные ВВ детонируют от первичных и передают начальный импульс заряду промышленного ВВ.

К первичным инициирующим веществам относятся гремучая ртуть, азид свинца и тенерес, а к вторичным — гексоген, тетрил и тэн.

Инициирующий заряд, помещенный в гильзу и служащий для возбуждения детонации заряда промышленного ВВ, называют *детонатором.* Для взрыва некоторых промышленных ВВ (водосодер-жащие ВВ, игданит, гранулиты) начального импульса от стандартного детонатора бывает недостаточно, поэтому детонатор соединяют с определенным количеством более чувствительного ВВ, например, с патроном аммонита или детонита. Такое соединение называют *промежуточным детонатором.*

Взрыв группы зарядов может быть одновременным или с некоторыми интервалами между взрывами. Если величина этих интервалов не превышает 500 мс, взрыв называется короткозамедленным, при больших интервалах — замедленным.

В зависимости от того, с помощью каких технических средств возбуждается детонация заряда промышленного ВВ, различают следующие способы инициирования: *огневой, электроогневой, электрический, с помощью детонирующего шнура* («бескапсюльное взрывание») и с помощью волноводных трубок. В отдельных случаях при взрывных работах применяют *радиовзрыватели* и детонаторы с *лазерным инициированием.*

При *огневом способе* взрыв осуществляется с помощью *капсюля-детонатора и огнепроводного шнура.*

Капсюль-детонатор (КД) представляет собой металлическую или бумажную гильзу с наружным диаметром 8 **мм** и длиной 50 **мм.** *Огнепроводный шнур* состоит из сердцевины диаметром 2 **мм,** выполненной из дымного пороха, и гибкой оболочки с наружным диаметром 5,3—5,5 мм. Скорость горения огнепроводных шнуров 1 см/с. Наружняя оболочка может быть либо джутовой (пеньковой, хлопчатобумажной), пропитанной жидким битумом (шнуры ОША), либо пластиковой (шнуры ОШП). Шнуры ОША применяют в сухих и влажных забоях, а ОШП — во влажных и мокрых средах. Отрезок огнепроводного шнура, вставленный в капсюль-детонатор и закрепленный в нем, называют *зажигательной трубкой.* Длина зажигательной трубки должна быть не менее 1 м. Патрон взрывчатого вещества с вставленным в него капсюлем-детонатором зажигательной трубки называют *патроном-боевиком.*

При большем количестве зажигательных трубок необходимо использовать патроны группового зажигания ЗП-Б.

*Зажигательный патрон* ЗП-Б — картонный стаканчик, на дне которого находится воспламенительный состав. Патроны выпускают пяти размеров на 7, 12, 19, 27 и 37 отрезков ОШ.

На подземных работах действующими правилами (ЕПБ при взрывных работах) огневой способ взрывания запрещен.

*Электроогневой способ* взрывания может применяться на открытых горных работах, а также при проходке наклонных и вертикальных выработок в условиях, не опасных по взрыву газа или пыли. От огневого этот способ отличается тем, что поджигание шнуров зажигательных трубок осуществляется с помощью электровоспламенителя, при этом взрывник проводит включение тока в сеть воспламенителя, находясь вне опасной зоны взрыва. Как и огневое взрывание, этот способ не разрешен к применению в условиях, опасных по газу и пыли, не обеспечивает мгновенного и короткозамедленного взрывания и характеризуется образованием большого количества оксида углерода от горения огнепроводных шнуров.

*Электрозажигатель* огнепроводного шнура ЭЗ-ОШ представляет собой бумажную гильзу с вмонтированным в нее электровоспламенителем.

*Электрический способ* взрывания является наиболее распространенным, поскольку позволяет следующее: возможность взрывания любого количества зарядов с любого расстояния; взрывать заряды в любой последовательности и с любыми интервалами между взрывами; вести взрывные работы в шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли; осуществлять перед взрывом проверку правильности монтажа взрывной сети.

Недостатками электрического способа взрывания являются относительная сложность выполнения работ, связанных с расчетом и подготовкой электровзрывных сетей и с проверкой правильности их монтажа, и несколько большая стоимость средств взрывания по сравнению с другими способами.

К средствам электрического взрывания относятся *электродетонаторы, проводники тока, контрольно-измерительные приборы и источники тока.*

*Электродетонатор* (ЭД) представляет собой капсюль-детонатор, в металлическую гильзу которого вмонтирован электровоспламенитель (ЭВ). Электродетонаторы, применяемые на горно-разведочных работах, различаются по времени срабатывания, назначению и условиям применения. По времени срабатывания ЭД могут быть *мгновенного, короткозамедленного* (интервалы замедления от 15 до 500 мс) и *замедленного* (интервалы замедления от 0,5 до 10 с) *действия;* по назначению и условиям применения — общего назначения (непредохранительные, ЭД-Н), предохранительные — для условий, опасных по газу и пыли (в маркировке присутствует индекс «П»), для сейсморазведки (ЭД-С), защищенные от воздействия блуждающих токов и зарядов статического электричества (ЭД-1-8-Т и ЭД-1-3-Т), с нормальной или повышенной (индекс «М») мощностью и др.

Все электродетонаторы водоустойчивы и могут быть вктючены в сеть как постоянного, так и переменного тока. Для безотказного срабатывания через каждый ЭД должен проходить ток определенной силы («гарантийный ток»); силу гарантийного тока указывают на упаковке электродетонаторов.

*Провода,* применяемые при электровзрывании (кроме выводных проводов электродетонаторов), подразделяют на соединительные и магистральные. Соединительные провода служат для соединения ЭД или групп ЭД между собой, если длина выводных проводов недостаточна. С этой целью используют либо специальные провода для взрывных работ (марок ЭВ, ВП, ВМ), либо одножильные изолированные установочные провода ПРТО, АПРТО и др. Площадь поперечного сечения жилы медных соединительных проводов должна быть не менее 0,5 мм$^2$. Соединительные провода в процессе взрыва уничтожаются.

Магистральные провода прокладывают от места взрыва до пульта управления взрывом. В качестве магистральных разрешается применять только провода с резиновой или пластиковой изоляцией, с площадью поперечного сечения жилы не менее 0,75 мм$^2$. Магистральные провода не уничтожаются в процессе взрыва и могут быть использованы многократно. В качестве магистральных проводов можно применять шахтные гибкие кабели ГРШЭ, ШВБЭ

*Электровзрывная цепь* обязательно должна быть двухпроводной, монтаж сети ведут от забоя в направлении источника тока.

*Источники тока* применяют сетевые и автономные. Сетевые взрывные приборы подключают к осветительным или силовым коммуникациям. Любые сетевые взрывные приборы применяют только при ведении взрывных работ на дневной поверхности и в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Из автономных источников тока в подземных условиях наиболее широко используют конденсаторные взрывные приборы КВП-1/100М, ПИВ-100М, которые допущены к применению и в шахтах, опасных по газу и пыли, и конденсаторные взрывные машинки ВМК-500. Машинки КПМ-3 применяют на открытых работах.

Для измерения сопротивления электродетонаторов при их проверке перед выдачей в работу и сопротивления взрывных сетей используют светодиодные испытатели взрывной сети ВИС-1 и переносные измерительные мосты постоянного тока Р3043. Эти приборы допущены к применению в шахтах, опасных по взрыву газа и пыли.

*Соединение электродетонаторов* между собой может быть последовательным, параллельным, последовательно-параллельным и параллельно-последовательным.

*Последовательное соединение* — наиболее простое в монтаже, расчете и контроле. Недостатком его является ограниченность числа одновременно взрываемых ЭД и возможность групповых отказов при выходе из строя хотя бы одного электродетонатора.

*Параллельное соединение* применяют при взрывании большого числа близко расположенных зарядов. Широкое распространение схема получила при проходке шахтных стволов. Недостатком параллельного соединения является невозможность контроля проводимости каждого ЭД в собранной схеме.

*Последовательно-параллельная схема* позволяет взрывать наибольшее число ЭД при фиксированных параметрах электросети. При этом соединение ЭД в группах выполняется последовательно, а сами группы подключаются к магистрали параллельно.

*Параллельно-последовательная схема* применяется, когда компактные группы ЭД располагаются на значительном расстоянии друг от друга.

По характеру инициирования к электрическому способу близок способ взрывания с применением *радиовзрывателей.* В этом случае источник тока может монтироваться как в самом заряде, так и в непосредственной близости от него, а импульс во взрывную сеть подается по радиосигналу. В настоящее время Госгортехнадзором допущена к применению на дневной поверхности аппаратура с дистанционным управлением одиночными и массовыми взрывами по радиоканалам («Гром», «Гром-М», «Друза» и «Друза-М»).

Сравнительно новой системой является система взрывания, разработанная шведской фирмой Nitro Nobel, которая выпускается сейчас многими зарубежными фирмами под различными названиями. Важнейшей частью системы является волноводная инициирующая трубка диаметром 3 мм. Трубку выполняют из нескольких слоев различных пластмасс с напылением на внутреннюю поверхность взрывчатого вещества (около 16 мг на 1 пог. м). Это

ВВ инициируется специальной взрывной машинкой с капсюлем типа «жевело» и детонирует в трубке со скоростью 2 км/с, передавая импульс соединенному с ней детонатору.

*Взрывание с помощью детонирующего шнура* отличается от рассмотренных выше способов тем, что в патроне-боевике отсутствует детонатор, а инициирование заряда ВВ осуществляется взрывом детонирующего шнура (ДШ). Способ допущен к применению на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Сердцевина детонирующего шнура выполнена из тэна или гексогена и заключена в трехслойную оплетку. Первые два слоя оплетки — из льняных нитей, а наружный слой — либо из хлопчатобумажных нитей с покрытием водоизолирующей мастикой и лаком (шнур ДША), либо из полихлорвинила (ДШ-В), либо из полиэтилена (ДШЭ). Оболочка шнуров от белого до красноватого цвета с двумя красными нитями по наружной оплетке. Детонирующие шнуры безотказно взрываются от стандартных детонаторе КД и ЭД. Отечественные шнуры выпускают бухтами длиной 50 и 100 м.

Взрывная сеть ДШ при мгновенном взрывании представляет собой соединение магистрального ДШ, отрезков шнура, идущих к зарядам, и детонатора, присоединенного к магистральному шнуру в точке инициирования. Детонатор устанавливают на расстоянии 10—15 см от конца магистрального ДШ, плотно прижимая его к шнуру и фиксируя шпагатом или изолентой. Соединяются ДШ внакладку или морским узлом. Соединение внакладку выполняют на длине не менее 100 мм, скрепляя шнуры шпагатом или лентой, что обеспечивает передачу детонации только по ходу детонационной волны. Соединение морским узлом гарантирует детонацию шнуров-ответвлений вне зависимости от направления хода детонационной волны в магистральном ДШ.

На конце отрезка ДШ, идущего к заряду, завязывают специальный узел, конструкцию которого выбирают в зависимости от чувствительности ВВ. При использовании патронированных или низкочувствительных ВВ изготовляют патроны-боевики непосредственно на месте ведения взрывных работ.

Для надежного инициирования низкочувствительных гранулированных и водонаполненных ВВ применяют промежуточные детонаторы в виде патронов-боевиков из связки патронированных ВВ, обвязанных детонирующим шнуром, а также специальные промежуточные детонаторы из мощных прессованных ВВ в виде шашек различной формы и массы.
Для короткозамедленного взрывания с помощью детонирующего шнура применяют специальные пиротехнические замедлители (реле) РП-8 двустороннего действия с различными интервалами замедлений.

Взрывные сети монтируют по схемам последовательного, пучкового, параллельно-ступенчатого и кольцевого соединения.

*Последовательное соединение* применяется лишь при взрыве наружных зарядов или небольшого числа мощных зарядов. Здесь нет магистрального шнура, а в каждый заряд вводятся два отрезка ДШ. Пучковая схема чаще всего применяется при дроблении негабаритов, когда несколько отрезков ДШ подсоединяют к магистральному шнуру в одном месте. *Параллельно-ступенчатое соединение* широко используется при однорядном взрывании шпуров и скважин. При взрывании обводненных скважин, а также скважин глубиной более 15 м взрывная сеть полностью дублируется: в каждый заряд вводят не менее двух боевиков и прокладываются два магистральных шнура.

***Паспорт буровзрывных работ.*** По действующим правилам все взрывные работы ведут по технической документации. К ней относятся проекты и паспорта. Для проведения подземных или открытых разведочных выработок составляются паспорта буровзрывных работ, которыми регламентируется вся технология взрывных работ и работ по бурению шпуров. Они составляются на основании результатов не менее трех опытных взрываний. В паспортах указывают следующие данные: характеристика горной выработки и горных пород; способ взрывания, тип ВВ и способ заряжания; схема расположения шпуров — число, глубина и диаметр шпуров, материал забойки и ее длина; масса и конструкция зарядов и боевиков; средства инициирования и последовательность взрывания зарядов, длины зажигательных трубок и контрольного отрезка огнепроводного шнура; схема монтажа электровзрывной (взрывной) сети с указанием ее длины (сопротивления), источник электрического тока (при электровзрывании); величина радиуса опасной зоны, места укрытия взрывника и рабочих во время проведения взрывных работ, расстановка постов охраны или расположение предупреждающих и запрещающих знаков на границе опасной зоны; время проветривания (для шурфов без рассечек необходимы сведения о параметрах и режимах проветривания); для всех других выработок составляются самостоятельные документы — паспорта проветривания.

***Шпуровой комплект.*** Взрывание шпуровых зарядов проводят в следующих целях: разрушения породы до определенной степени кусковатости; обеспечения компактности развала породы; образования сечения выработки, по форме и размерам близкого к проектному сечению; обеспечения проектного подвигания забоя в каждом цикле; исключения нарушения массива за контуром сечения выработки.

Для достижения указанных результатов заряды ВВ размещают в шпурах различного назначения, образующих шпуровой комплект. Он состоит из *врубовых, отбойных и оконтуривающих* шпуров. Заряды врубовых шпуров, взрываемые раньше других, формируют врубовую полость и создают благоприятные условия работы для зарядов в других шпурах. Задача отбойных шпуров заключается в расширении врубовой полости и создании условий для эффективной работы оконтуривающих шпуров. Заряды оконтуривающих шпуров разрушают породу, оставшуюся после взрыва зарядов отбойных шпуров, и формируют проектную форму и размеры поперечного сечения выработки.

Шпуровой комплект характеризуется схемой размещения шпуров, типом вруба, числом шпуров в целом и по группам шпуров, глубиной и длиной шпуров, диаметром, углами наклона шпуров, расстоянием между шпурами.

Под типом вруба понимается характер размещения врубовых шпуров в породном массиве. Применяют наклонные, прямые и комбинированные врубы. Наклонные врубы образуют шпурами, пробуренными под углом 55—70° к плоскости забоя (прямые — под углом 90°).

Из наклонных врубов для горизонтальных и наклонных выработок наиболее широко известны клиновые врубы (вертикально-клиновой, горизонтально-клиновой, двойной и тройной клиновые врубы), пирамидальный вруб, верхний и нижний врубы, боковой (левый и правый) врубы (*см. «Проведение горизонтальных и пологонаклонных выработок»).*

*Глубина и длина для шпуров,* пробуренных перпендикулярно плоскости забоя, совпадают. Для наклонных шпуров под глубиной понимают проекцию оси шпура на ось выработки.

Шпуровой комплект характеризуется средней глубиной шпуров. Она принимается в зависимости от размеров сечения, свойств пород, необходимых темпов проходки выработки, возможностей, применяемого бурового оборудования.

Нормальная средняя глубина шпуров лежит в пределах 1,5— 2,5 м. Под коэффициентом использования шпуров (г)) понимают отношение подвигания забоя в каждом цикле к средней глубине шпуров. Значения **14** лежат в пределах от 0,75 (для трудновзрываемых) до 0,95 (для легковзрываемых горных пород).

Глубину врубовых шпуров часто задают на 20—30 см больше глубины остальных шпуров с соответствующим увеличением заряда.

Диаметр шпуров обосновывают с учетом диаметра патронов ВВ. Разность между диаметрами патрона В В и шпура должна быть минимальной. Это позволяет достигнуть максимальной плотности заряжания, сократить объем разрушаемой породы при бурении, износ бурового инструмента и оборудования в целом. Зазор между патроном и стенкой шпура должен гарантировать свободный проход патронов по всей длине шпура и возможность размещения в этом зазоре проводов электродетонатора или огнепроводного шнура соответственно при взрывании с применением электродетонаторов или шнура.

При бурении шпуров перфораторами с использованием комплекта буров диаметры коронок на промежуточном буре и забурнике во избежание заклинивания бура в шпуре берутся больше, чем на основном буре. Число шпуров вычисляют по формулам, приведенным в дальнейших темах: *«Поведение открытых горных ваработок», «Проведение горизонтальных и пологонаклонных выработок»* и *«Проведение вертикальных и крутонаклонных выработок»).*

Рассчитанное число шпуров необходимо распределить на врубовые, вспомогательные, оконтуривающие, Число врубовых шпуров определяется типом вруба, его конструкцией и размерами выработки.

В прямых врубах число вспомогательных и оконтуривающих шпуров можно определить исходя из величины линии наименьшего сопротивления зарядов $W = \sqrt{p/qm}$, где $p$ — вместимость 1 м шпура, кг/м ($p$ - 0,7—1,2 при изменении диаметра шпура от 32 до 43 мм); $q$ — удельный расход ВВ, кг/м$^3$.

Коэффициент сближения зарядов *(m)* для шпуровой отбойки при проведении выработок принимают равным единице, т. е. полагают, что шпуры размещаются как бы по квадратной сетке. Исходя из этого среднее расстояние между оконтуривающими шпурами принимают равным *W*. Например, для горизонтальной или наклонной выработки расстояние между оконтуривающими шпурами по бокам равно линии наименьшего сопротивления *W,* по кровле - (1,1-1,2) *W,* по почве - (0,8-0,9) *W*.

Проветривание и уборка породы будут представлены в дальнейших темах *«Поведение открытых горных ваработок», «Проведение горизонтальных и пологонаклонных выработок»* и *«Проведение вертикальных и крутонаклонных выработок»)*.

ЛЕКЦИЯ №4

**ТЕМА 1.2. Горнопроходческие машины и комплексы** *(продолжение)***:**

1.2.7. Оборудование для возведения крепи разведочных выработок;

1.2.8. Проходческие комплексы для проведения горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок.

Наряду с основными операциями при проведении горизонтальных выработок буровзрывным способом выполняют и вспомогательные. К ним относятся: настилка рельсовых путей, устройство водоотводной канавки, оборудование освещения, прокчадка трубопроводов и кабелей и др.

*Оборудование водоотводной канавки.* При минимальных размерах сечений разведочных выработок канавка сооружается в почве выработки со стороны, предназначенной для прохода людей. Поэтому ее необходимо по всей длине перекрывать настилом из досок.

Для стока воды в канавку выработке в поперечном направлении придается уклон в 0,01—0,02. Продольный уклон для канавки соответствует уклону выработки, т. е. он составляет 0,003—0,005. При таком уклоне вода перемещается самотеком по канавке со скоростью около 0,5 м/с. Площадь сечения канавки в разведочных выработках составляет 0,05—0,1 $м^2$, что вполне достаточно для удаления воды при значительных водопритоках. Обычно канавки имеют трапециевидное сечение, в устойчивых породах их не крепят, а в неустойчивых крепят деревянными рамками с затяжкой боков тонкими досками.

При составлении паспорта буровзрывных работ предусматривают бурение одного основного или дополнительного шпура по почве (в сечении канавки) под большим углом для рыхления породы. До проектных размеры канавки доводят после взрывных работ с использованием ручного инструмента.

*Освещение горных выработок.* Для освещения горных выработок применяют специальные и переносные светильники. Хорошее освещение имеет большое значение в создании условий для безопасной и высокопроизводительной работы при высоком качестве резулыатов.

В зависимости от условий применяют светильники нормального рудничного исполнения (РН), повышенной надежности (РП) и взрывобезопасные (РВ). Они могут быть с лампами накаливания или люминесцентными. Мощность ламп от 15 (РВЛ-15) до 200 (РП-200) Вт. Допускаемое напряжение для питания стационарных светильников в подземных выработках — 127 В, в околоствольных дворах и камерах, если высота подвески светильника не менее 2,5 м, - 220 В.

Правилами безопасности нормируется освещенность в подземных выработках. Например, по почве выработки у забоя она должна составлять не менее 15 лк, на забое — не менее 10 лк, на пункте обмена вагонеток — не менее 20 лк, на складе ВМ — не менее 30 лк. Необходимый уровень освещенности в призабойной зоне обеспечивается при использовании светильников мощностью 100 Вт при расстоянии между ними 4—6 м. По ПБ находящийся в подземных горных выработках человек должен иметь индивидуальный аккумуляторный светильник с продолжительностью нормального непрерывного горения не менее 10 ч.

*Прокладка трубопроводов и кабелей.* Трубопроводы, прокладываемые в выработке, предназначены для обеспечения вентиляции, подачи в забой сжатого воздуха, воды; по силовым кабелям подается напряжение для питания горно-проходческого оборудования, с помощью слаботочных кабелей обеспечивается связь с забоями выработок и сигнализация при возникновении аварийных ситуаций. Трубопроводы для сжатого воздуха и воды в разведочных выработках прокладывают обычно по почве выработки вдоль одной из стенок выработки.

Кабели связи и сигнализации должны прокладываться по стороне выработки, свободной от силовых кабелей. Если такой возможности нет, то малоточные кабели должны размещаться на расстоянии не менее 0,2 м от силовых. Кабели всех видов подвешивают на крюках к крепи или непосредственно к горной породе выше габарита подвижного состава.

Продолжительность рабочей недели для подземных рабочих составляет 36 ч, для рабочих на поверхности — 4 1 ч . При шестидневной рабочей неделе в году 305 рабочих дней, а при пятидневной — 253 дня. Выходные и праздничные дни используют для ремонтных работ (включая и ремонт самоходного оборудования), массовых взрывов и т. п. и только в виде исключения для обычных работ.

Водоотливные и вентиляционные установки работают непрерывно, поэтому рабочие, их обслуживающие, имеют выходные дни по скользящему графику (один или два дня в неделю).

В случаях с непрерывной рабочей неделей, что может быть вызвано ограниченной производительностью подъемных установок или компрессорных станций, а также ограниченностью забойных площадей, лишь отдельные воскресные и праздничные дни отводятся для ремонтных работ, массовых взрывов и т. п. Рабочие отдыхают один или два дня в неделю по скользящему графику.

Число и продолжительность рабочих смен в сутки на горных работах бывают разные. Работы ведут в основном в три смены и в зависимости от числа рабочих дней в неделю (5 или 6 дней), продолжительностью соответственно 7 ч 1 2 мин и 6 ч с междусменными перерывами (48 мин и 2 ч). В перерывах осуществляется проветривание забоев после взрывных работ. Есть предприятия с четырехсменной работой по 6 ч без перерывов.

*Взаимозависимость процессов во времени.* Технологические процессы выполняются одновременно (параллельно) или в какой-то чередующейся последовательности, т. е. циклично. В зависимости от этого технология работ бывает непрерывной или цикличной.

Цикличность характерна, например, для технологии со шпуровой отбойкой. В этом случае под производственным циклом понимается совокупность процессов по выемке определенного объема породы в пределах одного взрывания шпуров, т. е. от одного взрыва до другого. При такой технологии наилучшие результаты дает организация работ по графику цикличности.

Все технологические процессы и операции увязаны между собой по времени и последовательности. Цикл имеет определенную продолжительность. При шпуровой отбойке с учетом других процессов она обычно составляет от 6 до 8 ч.

*Формы организации труда.* С точки зрения организации труда различают индивидуальную сдельную оплату труда и бригадный метод организации труда. При *индивидуальной сдельной оплате труда* каждый рабочий получает задание, а выполненная работа оплачивается сдельно.

Такую оплату целесообразно применять главным образом в тех случаях, когда имеется большой фронт работ по одной специальности и когда при этом качество работы можно систематически контролировать (например, при бурении шпуров переносными перфораторами или с помощью УБШ на большой площади забоя).

При *бригадном методе организации труда* задание дается на бригаду в целом, оплата труда может производиться по общебригадной выработке и распределяться между членами бригады с учетом тарифного разряда и коэффициента трудового участия в работе. Бригадный метод распространен достаточно широко. Бригады рабочих бывают специализированные, т. е. выполняющие какой-либо один вид работ (например, бурение шпуров), и комплексные, выполняющие работы по нескольким профессиями.

*Специализированные бригады* чаще применяются при непрерывном выполнении производственных процессов. Они работают на бурении шпуров, заряжании, уборке и других работах.

Такие бригады используются в основном при работах, требующих высокой квалификации рабочих и тщательного ухода.

*Комплексной бригадой* рабочих выполняются работы, результаты которых взаимосвязаны. Комплексные бригады рабочих бывают как с разделением, так и без разделения труда.

Бригады без разделения труда наиболее приемлемы для цикличной технологии в тех случаях, когда в связи с недостаточным фронтом работ рабочий не может иметь полносменной нагрузки по какой-либо одной специальности. В таких бригадах каждый рабочий имеет несколько профессий.

Комплексные бригады рабочих с полным разделением труда применяются для выполнения двух или нескольких различных видов работ. Такие бригады создаются, когда по каждому из видов работ возможна длительная загрузка рабочих, что типично для параллельного выполнения процессов значительной продолжительности. Бригады бывают сменные, т.е. объединяющие рабочих только данной смены, и суточные (сквозные), объединяющие рабочих, занятых на данных работах в течение суток. Более распространены суточные бригады. В них помимо бригадира имеются звеньевые, возглавляющие работу в те смены, когда на работу не выходит бригадир.

ЛЕКЦИЯ №5

**ТЕМА 2.1. Разрушение горных пород:**

2.1.1. Технологический инструмент для разрушения горных пород;

2.1.2. Механизмы разрушения породы взрывом. Методы управления энергией взрыва;

2.1.3. Направленное взрывание и взрывание кумулятивных зарядов. Методы ведения взрывных работ. Требования, предъявляемые к БВР при проходке подземных работ.

Основными открытыми горными выработками являются канавы и траншеи. Размеры поперечного сечения разведочных канав зависят от мощности и свойств покровных отложений и способа

проходки. Глубина канав определяется мощностью покровных отложений и углубкой в коренные породы (0,2—0,3 м).

Ширина канавы по подошве может быть принята равной 0,7— 0,8 м, что обеспечивает удобство при проведении геологической документации. В общем случае ширина канавы по подошве зависит от габаритов применяемого проходческого оборудования. Длина канавы может достигать нескольких сотен метров (магистральные канавы). Магистральные канавы нередко проводят прерывистыми, и в этом случае их называют пунктирными или пунктирно-магистральными. Длина «пунктиров» принимается 5, 10, 20 м и более. Форма поперечного сечения канавы может быть прямоугольной, трапециевидной или ступенчатой (см. рис. 1.2).

Прямоугольная форма придается канаве, если она проходит в устойчивых породах. При этом глубина канавы не превышает 2 м. Трапециевидную форму придают канавам различной глубины, проводимым без крепления или с креплением в неустойчивых породах. Высота уступа принимается равной 1,5—2 м, ширина горизонтальной площадки уступа —

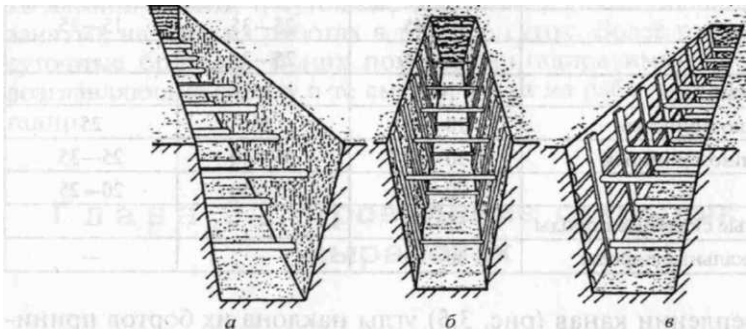
0,5 м. Боковым стенкам (бортам) канав для обеспечения устойчивости придается наклон, соответствующий углу естественного откоса, значения которого приведены в табл. 3.6.

Таблица 5.1

Значение угла естественного откоса горных пород

| Породы | Угол естественного откоса, град, при разных состояниях горной породы | | |
|---|---|---|---|
| | сухом | влажном | мокром |
| Глина | 40-45 | 25-35 | 15-25 |
| Гравий | 35-45 | 25-35 | — |
| Растительный слой | 40 | 35 | — |
| Песок мелкозернистый | 28-30 | 35 | 25 |
| Песок крупнозернистый | 30-35 | 35-40 | 25-35 |
| Суглинок | 20-40 | 15-20 | 20-25 |
| Нарушенные скальные породы | 55-70 | — | — |
| Крепкие скальные породы | 60-85 | - | - |

При креплении канав (рис. 5.1) углы наклона их бортов принимают 80—90°. Для засыпки канавы и последующей рекультивации почвенного слоя используют предварительно убранный почвенный слой. При ручной и экскаваторной проходке вынимаемая порода отсыпается в ленточные отвалы, располагаемые с одной или с двух сторон вдоль выработки на расстоянии не менее 0,3 м от бровки откоса канавы.




Р и с. 5.1. Основные виды крепи разведочных канав:

*а* – распорки; *б* – распорки со стойками; *в*– распорки со стойками и затяжкой

При проведении канав скреперами и бульдозерами форма отвала чаще всего веерная или конусообразная.

Проведение канав и траншей может осуществляться без предварительного рыхления (в породах до IV категории и немерзлых) или с предварительным рыхлением с помощью ВВ (для пород выше IV категории и мерзлых) и уборкой породы одним из следующих способов: 1) вручную (только канавы); 2) скреперами; 3) экскаваторами.

Выбор способа проведения канав и траншей определяется многими факторами, в том числе свойствами пород, и в каждом конкретном случае решение принимается на основании экономических расчетов. На способ проведения канав или траншей влияют объем и концентрация выработок, географические условия, время года, транспортные условия, сроки разведочных работ, наличие соответствующего проходческого оборудования и физико-механические свойства пород. Примерное распределение объемов проведения канав различными способами (%): бульдозерами — 20; экскаваторами — 4; канавокопателями — 0,5;

скреперными установками — 0,5; вручную — 20; взрывом на рыхление — 45. Все траншеи проводятся бульдозерами и экскаваторами.

*Работы, выполняемые вручную,* при проведении канав чаще всего используют на региональных геологических съемках и поисках, характеризующихся специфическими условиями производства работ. Их применение наиболее рационально при сравнительно небольших объемах работ, большой разбросанности объектов и труднодоступное™ для машин. Выемку породы осуществляют ручными инструментами в соответствии с категориями пород (табл. 3.7). При глубине канавы до 1,5—2 м породу выбрасывают из забоя непосредственно на поверхность, при больших глубинах — на берму вышерасположенного уступа, с последующей перекидкой ее на следующую берму или на поверхность.

С целью сокращения объема выемки при недостаточной устойчивости пород (выемка при ручном способе особенно малопроизводительна и трудоемка) применяют крепление канав. Крепь канав возводится на каждом небольшом участке канавы, пройденном на всю глубину. Основные виды крепи приведены на рис. 5.1.

Таблица 5.2

Инструмент для выемки породы вручную

| Категория пород | Инструмент |
|---|---|
| I | Подборочные и штыковые лопаты |
| II | Штыковые лопаты с частичным предварительным рыхлением кирками |
| III | Штыковые лопаты со сплошным рыхлением кирками и частично ломами |
| IV | Штыковые лопаты со сплошным рыхлением кирками, лопатами и частично клиньями |

Простейшей конструкцией крепи являются распорки (рис. 5.1, *а);* применяют этот вид в сравнительно устойчивых породах при необходимости сохранения выработки на длительное время. Канавы, пройденные в неустойчивых породах, крепят рядами распорок, устанавливаемых между опорными стойками (рис. 5.1, *б)* или досками. При весьма неустойчивых породах или значительной их обводненности к распоркам и стойкам добавляют затяжки из горбылей (рис. 5.1, *в),* укрепляющие стенки выработки.

*Проходка канав одноковшовыми экскаваторами.* Для механизации проведения открытых горно-разведочных выработок (канав, траншей) применяют различные виды экскаваторов (одно- и многоковшовые). Эффективность использования землеройной техники во многом зависит от физико-механических свойств горных пород. Экскаваторами называют землеройные машины, предназначенные для копания и перемещения горной массы в отвал или для погрузки в транспортные средства. Все экскаваторы делят на две большие группы: одноковшовые периодического действия и многоковшовые непрерывного действия.

Наиболее удовлетворительное качество выработок для целей геологической документации получается при проведении канав одноковшовыми экскаваторами, работающими по принципу обратной лопаты. Качество канав уступает лишь канавам, пройденным вручную. Стенки канав получаются ровными и в устойчивых породах — отвесными. Однако при зарисовке и отборе проб требуется зачистка стенок и подошвы в связи с замазыванием и затиранием их глинистым материалом при экскавации. Размеры поперечного сечения канав (ширина по подошве) определяются габаритами ковша.

Целесообразность использования экскаваторов определяется наличием большого объема работ, сконцентрированных на участках со сравнительно спокойным рельефом, доступным для экскаватора. Проведение выработки включает следующие процессы: разметку кана-

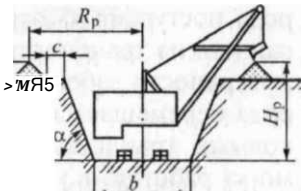
вы на местности, подготовку подъездных путей для экскаватора (при необходимости проводят вырубку леса и корчевку пней) и экскаваторную выемку породы в пределах контура канавы с разгрузкой ее за пределами канавы.

При наличии негабаритных глыб и валунов они отодвигаются ковшом экскаватора в сторону. Для проходки геологоразведочных канав наиболее удобны универсальные строительные экскаваторы с ковшом вместимостью до 0,6 м$^3$ с механическим или гидравлическим приводом. Одноковшовые экскаваторы выпускают на гусеничном и пневмоколесном ходу, на базе тракторов и автомобилей. Последние удобны для геологоразведочных работ, так как имеют сравнительно высокую транспортную скорость, хорошую проходимость, могут использоваться с различным навесным оборудованием (в качестве подъемного крана, бульдозера и др.).

Цикл работы одноковшового экскаватора состоит из периодически выполняемых рабочих операций: наполнение ковша, подъем его, перемещение к месту разгрузки и возвращение порожнего ковша в первоначальное положение.

Цикл работы одноковшового экскаватора состоит из периодически выполняемых рабочих операций: наполнение ковша, подъем его, перемещение к месту разгрузки и возвращение порожнего ковша в первоначальное положение.

*Технология проходки траншей экскаваторами.* Экскаватор копает ниже уровня почвы и постепенно опускается в выработку. Породу складируют на борт траншеи (рис. 3.6) или в автомобиль-самосвал.




Р и с 5 . 2 Схема работы экскаватора с разгрузкой породы на борт траншеи:

В дальнейшем траншею постепенно расширяют и углубляют по мере продвижения экскаватора вперед. Разгрузка породы в отвал у борта может продолжаться до тех пор, пока позволяет максимальная высота разгрузки экскаватора.

Одноковшовые экскаваторы типа ЭО имеют следующую вместимость ковша (м$^3$): 0,15; 0,25; 0,4; 0,5; 0,65; 1,0; 1,6. Наибольшая глубина копания в зависимости от типа экскаватора изменяется от 3 до 5 м. Тип ходовой части — гусеничный или пневмоколесный

На производительность экскаватора влияют следующие факторы. Категория грунта, характеризующая трудность разработки его экскаватором (таких категорий для одноковшовых экскаваторов четыре). При разработке глинистых пород на производительность экскаватора влияет влажность, а также техническая характеристика и техническое состояние экскаватора; качество забоя — его высота, наличие грунтовых вод, освещение; организация работ, наличие транспортных средств, запасных частей, состояние дорог; квалификация машиниста и надлежащее обслуживание экскаватора.

Наибольшая производительность достигается при разгрузке в отвал, так как в этом случае нет простоев экскаватора, связанных с ожиданием транспортных средств, и не требуется точной наводки ковша. При разгрузке в автомобиль-самосвал увеличивается угол поворота экскаватора для разгрузки в транспортные средства, расположенные сзади экскаватора, что приводит к уменьшению производительности машины.

Если проходка осуществляется механической лопатой с вывозкой породы, то ширина траншеи понизу не должна быть меньше двойного радиуса вращения корпуса экскаватора.

*Проходка канав многоковшовыми экскаваторами и канавокопателями.* Многоковшовые экскаваторы и канавокопатели используются в породах I—III категорий с кусками размером не более 200 мм. Они являются самоходными землеройными машинами непрерывного действия. Принцип их работы заключается в том, что черпаки, открытые спереди и сверху, или скребки срезают слой породы и поднимают ее. В верхнем положении ковши разгружаются и порода поступает на отвальный транспортер, которым подается в отвал или на транспортные средства. Скребки перемещают породу по поверхности забоя и выносят ее на поверхность земли, откуда порода перемещается на одну или обе стороны шнековым или скребковыми транспортерами. Следует отметить, что эти экскаваторы могут работать в условиях равнинного рельефа (до 15°). Эксплуатационная производительность их зависит от вместимости черпаков, скорости движения цепи, свойств горных пород.

*Технология проходки траншей бульдозерами.* Бульдозеры применяют при работах в породах до IV категории без предварительного рыхления. В породах более высоких категорий и мерзлых породах — с предварительным рыхлением. Рабочим органом бульдозера является отвальный щит, по способу управления которого бульдозеры могут быть канатные и гидравлические.

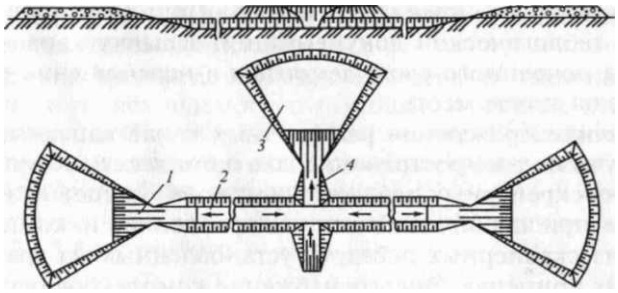
Толщина и длина снимаемого слоя породы зависят от свойств породы, мощности трактора и размеров отвального щита. При перемещении породы бульдозером часть ее теряется; потери тем больше, чем длиннее путь перемещения породы.

Возможны следующие варианты проведения траншей.

Со снятием и перемещением грунта в одном направлении. Рекомендуется при проведении траншей протяженностью 10—20 м. Бульдозер движется вдоль трассы траншеи, срезая и перемещая породу до противоположного конца траншеи и оставляя ее в отвале, за торцевым выездом из траншеи. Затем задним ходом бульдозер возвращается в исходное положение и цикл выемки повторяется. На торцах траншеи, в начале и при выезде, выемка породы производится наклонными слоями, а в донной части траншеи — горизонтальными слоями.

Со снятием и перемещением грунта в двух направлениях. Бульдозер снимает и перемещает породу в двух направлениях, оставляя породу в торцевых отвалах.

Со снятием и перемещением грунта в двух направлениях с боковыми выездами с образованием промежуточных отвалов. Боковые выезды из траншей могут быть под острым или прямым углом к оси выработки. Такая организация применяется при проведении длинных траншей, при этом расстояние между промежуточными боковыми выездами принимается равным 20—40 м (рис. 5.3).




Р и с . 5.3. Проведение траншей бульдозером: 7 –торцевые выезды; *2* — траншея; *3* – промежуточный отвал; *4* — боковой выезд

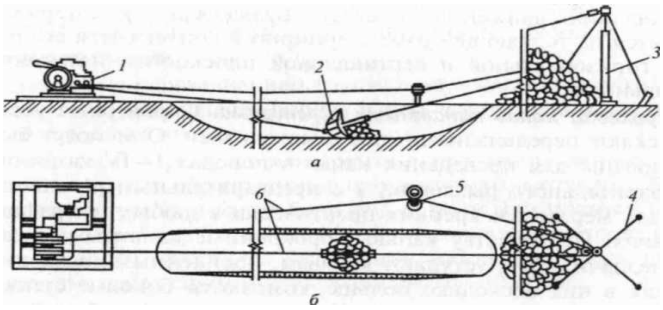
Бульдозеры можно использовать при проходке траншей для проведения горно-разведочных открытых выработок. Широко применяют бульдозеры для совместной работы с экскаваторами, скреперами и автомобилями-самосвалами. Бульдозеры выполняют также различные вспомогательные работы: расчистку площадок от деревьев и кустарника, удаление растительного слоя, снега и камней, засыпку ям и траншей, проходку канав, сооружение дамб и др. Рабочий цикл бульдозера включает набор породы отвалом, перемещение ее к месту разгрузки, укладку породы и возвращение к месту набора породы.

На горных работах применяют бульдозеры нескольких моделей, отличающихся мощностью трактора, конструкцией рабочего органа и системой управления отвалом.

По способу установки отвала бульдозеры подразделяют на неповоротные и поворотные (универсальные). У неповоротных бульдозеров отвал закреплен на толкающей раме под прямым углом к направлению движения трактора. Бульдозеры, у которых отвал крепится на толкающей раме шарнирно и допускаются его повороты в горизонтальной и вертикальной плоскостях, называют универсальными.

*Проходка канав канатными скреперами.* Скреперные установки выпускают передвижными или самоходными. Они могут быть использованы для проведения канав в породах I—IV категорий без предварительного рыхления, а с предварительным рыхлением — в породах мерзлых и крепких практически в любых географических условиях. По качеству канавы, пройденные канатными скреперами, незначительно уступают канавам, пройденным экскаваторами, так как в них несколько больше затираются боковые стенки. Канатными скреперами можно проводить канавы глубиной до 5 м. Работы по проходке канав скрепером включают следующие последовательно выполняемые процессы: разметку и расчистку трассы; снятие и складирование почвенного слоя; скреперование породы в отвал или штабель; крепление канавы (при необходимости); составление геологической документации; засыпку канавы с восстановлением почвенного слоя; демонтаж и перемещение скреперной установки на новое место.

В практике проведения разведочных канав канатными скреперами получили распространение два комплекса. Комплексы, состоящие из скреперных лебедок, скреперов, концевых и оттяжных роликов и приспособлений для их крепления, и комплексы, состоящие из скреперных лебедок, установленных на тракторах или тракторных прицепах. Энергоснабжение комплексов осуществляется от небольших передвижных дизельных электростанций, двигателей внутреннего сгорания, от кабельной или воздушной линий электропередач. Для проведения канав в труднодоступных районах разработаны конструкции скреперных установок МСУ-0,1 (рис. 5.4, ***а, б) и*** СУ-0,2, которые могут разбираться на отдельные узлы и доставляться к месту работ. По форме скреперы разделяют на гребковые, зонтичные и ящичные. Гребковые скреперы применяют при проведении канав в скальных, предварительно разрыхленных породах; зонтичные — в талых породах I—IV категорий; ящичные — в породах I—IV категорий, требующих и не требующих предварительного рыхления. Скреперование в зависимости от рельефа местности производится в сторону скреперной лебедки или от нее (чаще — в сторону скреперного блока — схема «от себя»).




Р и с . 5.4. Скреперная установка МСУ-0,1:

1- привод; 2- скрепер; 3- концевая опора;4- растяжки;5- отклоняющий блок;

Разведочные траншеи проводятся по простиранию или вкрест простирания тел полезных ископаемых.

При разведке для установления качества и технологических свойств полезного ископаемого с помощью траншей отбираются представительные лабораторные пробы, а также технологические пробы для изучения свойств в полупромышленных масштабах. При этом возможна и пробная эксплуатация.

Форма поперечного сечения траншей трапециевидная: ширина по почве — 2—3,5 м, глубина — до 6—8 м.

ЛЕКЦИЯ №6

**ТЕМА 2.2. Горное давление и крепление выработок:**

2.2.1. Естественное поле напряжений массива горных пород и проявления горного давления, определение зон разрушения массива вокруг выработки;

2.2.2. Крепь горизонтальных подземных выработок. Технология возведения крепи;

2.2.3. Крепление вертикальных, наклонных выработок.

*Технология проходки траншей с предварительным рыхлением породы зарядами ВВ.*

Расчет удлиненных зарядов рыхления, взрываемых при одной обнаженной поверхности, рекомендуется производить в такой последовательности. Определяется расстояние $a$ (м) между зарядами в ряду:

$$a = m\sqrt{p/q_p}, \quad (6.1)$$

где $m$ — коэффициент сближения зародов, принимается в пределах 0,7—0,3; $p$ — масса ВВ в 1 м заряда (табл. 6.1), шпура скважины, кг/м; $q_p$ — расчетный удельный расход ВВ, кг/м$^3$ (табл. 6.2). Длина забойки $l_{заб}$ принимается равной 15 — 20 диаметрам заряда.

Глубина перебура $l_{пер}$ (м) ориентировочно принимается:

$$l_{пер} = 0{,}5\, q_p\, a \quad (6.2)$$

Глубина шпура $l_{шп}$ (м) находится из выражения:

$$l_{шп} = h_k + l_{пер} \quad (6.3)$$

где $h_k$ — глубина канавы, м.

Масса заряда $Q_{шп}$ (кг) определяется по формуле

$$Q_{шп} = p(l_{шп} - l_{заб}) \quad (6.4)$$

Расчетный удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м$^3$, может приниматься по табл. 6.2. Если применяется не аммонит 6-ЖВ, а другое ВВ, то значение $q_p$ из таблицы следует умножить на коэффициент работоспособности применяемого ВВ, который определяется отношением работоспособности аммонита к работоспособности применяемого ВВ.

При многорядном расположении зарядов и порядном короткозамедленном взрывании расстояние между рядами принимается (0,9—1,0)с. Буровзрывной способ разрушения гор-

ных пород при проходке разведочных канав и траншей осуществляют в строгом соответствии с паспортом буровзрывных работ.

При проектировании буровзрывных работ выбор ВВ следует производить в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 3.12. Предпочтение следует отдавать гранулированным ВВ, имеющим более низкую стоимость.

Способ взрывания выбирают с учетом горнотехнических условий, размеров выработки, числа шпуров, схемы их размещения и предусматриваемой очередностью взрывания зарядов.

В качестве бурильных машин предпочтение следует отдавать тем, которые предназначены для эффективного бурения шпуров, направленных вниз (перфораторы типа ПП, см. предыдущую тему *«Бурение шпуров»*).

Таблица 3.9

**Расчетный удельный расход аммонита 6-ЖВ**

| Порода | Коэффициент крепости пород | Средняя плотность пород, кг/м$^3$ | Удельный расход ВВ $q_p$, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| Песок, суглинок, глина, лёсс | — | 1750 - 1950 | 0,35 - 0,45 |
| Мел, мергель | 0,8-1,0 | 1850 | 0,25-0,3 |
| Гипс | 1,0-1,5 | 2250 | 0,35-0,45 |
| Известняк-ракушечник | 1,5-2,0 | 2100 | 0,35-0,6 |
| Опока, мергель | 1,0-1,5 | 1900 | 0,3-0,4 |
| Туфы, пемза | 1,5-2,0 | 1100 | 0,35-0, 5 |
| Конгломерат, брекчии | 2,3-3,0 | 2200 | 0,35-0,45 |
| Песчаник, сланцы, мергель | 3,0-6,0 | 2200 | 0,4-0,5 |
| Доломит, известняк, магнезит, песчаник | 5,0-6,0 | 2700 | 0,4-0,5 |
| Известняк, песчаник, мрамор | 6,0-8,0 | 2800 | 0,45-0,7 |
| Гранит, гранодиорит | 6-12 | 2800 | 0,5-0,7 |
| Базальт, диабаз, андезит, габбро | 6-18 | 3000 | 0,6-0,75 |
| Кварцит | 12-14 | 3000 | 0,5-0,6 |
| Порфирит | 16-20 | 2800 | 0,7-0,75 |

При проведении открытых выработок в настоящее время по экологическим соображениям разрешается применение практически только зарядов рыхления. Заряды выброса в связи с нарушением экологической обстановки в районе проведения работ допускаются только в редких случаях.

Параметры буровзрывных работ рассчитывают как с учетом свойств пород, так и размеров выработок. При ширине выработки по низу до 1,5 м шпуры располагают в один ряд, а при большей ширине — в два-три ряда. Если в районе проведения работ разрешено применение зарядов выброса, то при глубине выработки до 1,2 м и ширине до 1,8 м шпуры можно располагать в один рад с одного борта канавы с уклоном к ее оси под углом 45 — 60°. Порода в этом случае разрушается и частично выбрасывается.

Длину (глубину) шпура определяют в зависимости от глубины канавы ($h_к$) и величины перебура (см. формулу (6.3).

Величину перебура можно принимать равной 0,1—0,15 от $h_к$. По площади взрываемого участка $(S)$, глубине канавы и удельному расходу ВВ определяется общий расход ВВ (кг):

$$Q_{общ} = S\, h_к\, q_p = b\, L\, h_к\, q_p \qquad (6.5)$$

где $b$ — ширина канавы по дну, в расчетах принимается равной 1 м; $L$ — длина канавы, м; $q_p$ — расчетный удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м$^3$ (может приниматься по табл. 6.2). Число шпуров определяется по формуле:

$$N = Q_{общ} / Q_{шп.} \qquad (6.6)$$

Среднее расстояние между шпурами: $a = L/N$.

Если требуется пройти выработку шириной по низу (по дну) более 1,5 м, то шпуры располагают в два ряда или более. Расстояние между рядами: $b = 0{,}85\ h_к$ — при электроогневом способе; $b = h_K$ — при короткозамедленном взрывании с применением электродетонаторов.

При глубине выработок, превышающей 2 м, их проходят, разрушая породу и осуществляя ее выемку послойно. Первоначально, выбрав тип ВВ, определяют глубину взрываемого слоя $h_с$:

$$h_с = \sqrt{2p / q_p (3 - q_p)} \qquad (6.7)$$

По величине $h_с$ находят необходимое число слоев (заходок) $n_c$: $n_c = h_K / h_c$, которое округляется до целого значения и, если требуется, уточняется глубина взрываемого слоя.

Расстояние между рядами зарядов $b$ определяется по формуле $b = (0{,}7—1)h_c$, а расстояние между шпурами в ряду $a$ устанавливают с учетом принимаемого для конкретных условий коэффициента сближения зарядов $m$: $a = mb$. Величину $m$ принимают равной 0,7—1,2.

Далее определяют ширину слоев по дну каждого слоя:

$$B_i = B_n + 2(n_c - i)h_c \operatorname{ctg} \theta, \qquad (6.8)$$

где $i$ — номер слоя; ($n_c$ — число слоев; $B_n = 1$ м — ширина по дну последнего слоя; θ — угол наклона борта выработки, может рассчитываться по углу внутреннего трения пород φ: $\theta = (90° + \varphi)/2$. На основании найденных значений $B_i$ определяется число рядов шпуров по слоям: $n_i = B_i / b$. Значения $n_i$ округляют до целых чисел и с учетом этого корректируют величину $b$.

При определении массы шпуровых зарядов по слоям принимается, что каждым зарядом в среднем разрушается одинаковый объем породы. По известной массе шпуровых зарядов в слоях рассчитывают длину зарядов. Свободная от заряда часть шпура заполняется забойкой.

Объем проходки подземных горных выработок с помощью БВР составляет 80—90 % от общего объема проходки выработок. При проведении горизонтальных горных выработок используются в основном трапециевидная и прямоугольно-сводчатая формы поперечного сечения (рис. 6.1). Расшифровка буквенных обозначений дана в табл. 6.3 и 6.4.

Стандартом устанавливаются площади поперечных сечений в свету для прямых участков выработок (табл. 6.3 и 6.4).

В некоторых случаях применяются прямоугольная, круглая, арочная, подковообразная и овальная формы поперечных сечений. В соответствии с действующим стандартом разведочные горизонтальные выработки могут иметь трапециевидное или прямоугольно-сводчатое с коробовым (трехцентровым) сводом поперечное сечение. Различают поперечное сечение в свету, в проходке и вчерне, или проектное сечение.

**Размеры выработок трапециевидной формы**

Таблица 3.10

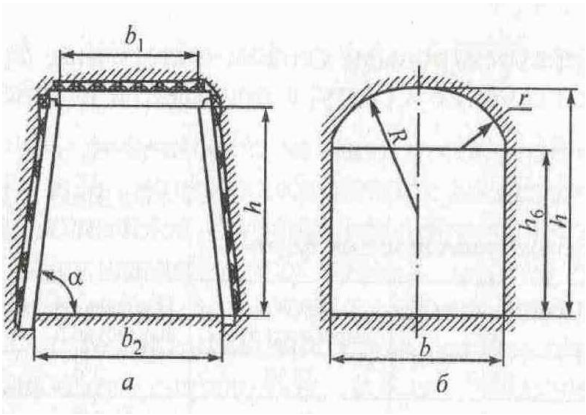
| Типоразмер сечения | Ширина кровли $b_1$, мм | Ширина почвы $b_2$, мм | Высота выработки $h$, мм | Площадь сечения выработки $S_{св}$, м |
|---|---|---|---|---|
| Т-2,0 | 900 | 1320 | 1850 | 2,0 |
| Т-3,0 | 1360 | 1800 | 1850 | 3,0 |
| Т-4,8 | 1750 | 2300 | 2360 | 4,8 |
| Т-5,3 | 1750 | 2360 | 2580 | 5,3 |
| Т-6,1 | 1900 | 2580 | 2720 | 6,1 |
| Т-7,0 | 2180 | 2800 | 2800 | 7,0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Т-7,5 | 2240 | 2900 | 2900 | 7,5 |
| Т-8,4 | 3280 | 3870 | 2360 | 8,4 |
| Т-9,8 | 3450 | 4120 | 2580 | 9,8 |
| Т-11.0 | 3750 | 4370 | 2720 | 11,0 |
| Т—12,6 | 4150 | 4870 | 2800 | 12,6 |
| Т—13,6 | 4370 | 5000 | 2900 | 13,6 |

Таблица 3.11

Размеры выработок прямоугольно-сводчатой формы

| Типоразмер сечения | Ширина выработки ***b***, мм | Высота стенки $h_б$,мм | Высота выработки h, мм | Радиус центр. свода ***R***, мм | Радиус бок. свода *r*, мм | Площадь сечения выработки $S_{св}$, м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ПС-2,0 | 1120 | 1480 | 1850 | 770 | 290 | 2,0 |
| ПС—2,7 | 1550 | 1320 | 1850 | 1070 | 410 | 2,7 |
| ПС-4,2 | 1850 | 1800 | 2420 | 1280 | 490 | 4,2 |
| ПС-4,5 | 1950 | 1800 | 2520 | 1350 | 510 | 4,5 |
| ПС-5,4 | 2180 | 1900 | 2700 | 1510 | 570 | 5,4 |
| ПС-6,2 | 2360 | 2000 | 2800 | 1630 | 620 | 6,2 |
| ПС-6,8 | 2500 | 2070 | 2900 | 1730 | 650 | 6,8 |
| ПС-8,3 | 3450 | 1800 | 2650 | 3120 | 590 | 8,3 |
| ПС-8,7 | 3600 | 1800 | 2690 | 3250 | 620 | 8,7 |
| ПС-10,0 | 4000 | 1800 | 2800 | 3620 | 690 | 10,0 |
| ПС-1 1 , 6 | 4500 | 1800 | 2930 | 4070 | 780 | 11,6 |
| ПС—12,1 | 4620 | 1800 | 2960 | 4180 | 800 | 12,1 |




Р и с . 6 . 1 . Ф о р м ы поперечных сечений горизонтальных разведочных выработок:
***а*** **—** трапециевидная; ***б*** **—** прямоугольно-сводчатая

Форма поперечного сечения выработок зависит от физико-механических свойств пород, назначения, срока их службы, материала и конструкции крепи, а также способа проведения. Форма поперечного сечения горизонтальной выработки выбирается с учетом конструкции и материала крепи, которые, в свою очередь, определяются устойчивостью пород ($П_у$). *Пу* =р • **Н/σ$_{сж}$,** *где* р -плотность пород, кг/м$^3$; **σ**$_{сж}$ — прочность пород на сжатие, Па; ***Н*** **—** глубина заложения выработки, м.

По значению $П_у$ (с учетом трещиноватости пород) выбирается материал для крепления выработки.

При $П_у$ > 0,20 применяются либо комбинированные крепи, либо тяжелые виды крепи (бетон, железобетон); при Пу = 0,15— 0,20 в качестве крепи используется дерево; при Пу < 0,15 в породах I и II категорий по трещиноватости выработку рекомендуется крепить на-

брызгбетоном, а в породах III—V категорий по трещиноватости целесообразнее использовать анкерную крепь.

При $П_у < 0,05$ выработка может проходиться без крепления, но окончательно этот вопрос может быть решен лишь после определения запаса устойчивости в боках и кровле выработки.

В соответствии с выбранным для крепи материалом определяется форма поперечного сечения выработки. При креплении выработок деревом форма поперечного сечения принимается трапециевидная с углом наклона стоек к горизонту а = 83° (см. рис. 6.1)

При всех остальных видах крепи выработки проходятся прямоугольно-сводчатой формы поперечного сечения. Такая же форма придается и выработкам, пройденным без крепления. Эта форма поперечного сечения выработок характеризуется высотой свода $h_{св}$, радиусом дуги центрального свода ***R*** и радиусом дуг ***r*** боковых частей свода, сопряженых с вертикальными стенками. В породах с $f > 12$ высоту свода рекомендуется принимать $f_{св} = 0,25b$, где b — ширина выработки вчерне. В менее крепких породах ($f \leq 12$) $h_{св} = 0,33b$.

Радиусы ***( R*** и ***r)*** принимаются со следующими размерами: при $h_{СВ} = 0,25b$ $R \approx 0,9b$ и $r \approx 0,175b$; при $h_{СВ} = 0,33b$ $R \approx 0,7b$ и $r \approx 0,26b$

С одной стороны выработки настилается пешеходный трап для передвижения людей, с этой же стороны под трапом устраивается дренажная канавка. Размеры поперечного сечения канавки зависят от величины суммарного водопритока в выработку; при притоке до 50 $м^3$/ч ширина по низу — 200 мм, ширина по верху — 300 мм, глубина — 200 мм.

ЛЕКЦИЯ №7

**ТЕМА 2.3. Технология проходки разведочных выработок:**

2.3.1. Подземные горные выработки, их назначение, объемы проходки на различных стадиях разведки месторождений полезных ископаемых;

2.3.2. Элементы и параметры горизонтальных выработок;

2.3.3. Проходческий цикл;

При проведении горизонтальных и пологонаклонных горных выработок применяют бурильные машины *вращательного, ударно-поворотного, ударно-вращательного* и *вращательно-ударного* действия.

К буровому инструменту при вращательном бурении шпуров относят ***бурильные штанги*** и съемные ***резцы.*** Длина витых штанг I—3 м. Для бурения шпуров в выработках с площадью поперечного сечения свыше 6 $м^2$ применяют бурильные установки (см. разд. 3.1.4).

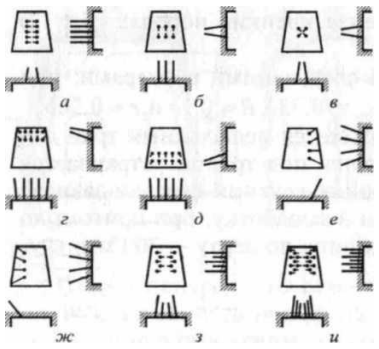
Разрушение крепких пород в основном производится с помощью буровзрывных работ (БВР).

***Шпуровой комплект.*** Шпуровой комплект характеризуется схемой размещения шпуров, типом вруба, числом шпуров в целом и по группам, глубиной и длиной шпуров, диаметром, углами наклона, расстоянием между шпурами.

Применяют наклонные, прямые и комбинированные врубы. Наклонные врубы образуют шпурами, пробуренными под углом 55—70° к плоскости забоя (прямые — под углом 90°).

Из наклонных врубов для горизонтальных и наклонных выработок наиболее широко известны клиновые врубы (вертикально-клиновой, горизонтально-клиновой, двойной и тройной клиновые врубы), пирамидальный вруб, верхний и нижний врубы, боковой (левый и правый) (рис. 7.1).

Вертикально-клиновой вруб состоит из 4—8 шпуров, попарно расположенных по двум вертикальным линиям (рис. 7.1, ***а)*** и образующим в пространстве клин.




Р и с . 7.1. Наклонные врубы:

***а*** — вертикально-клиновой; ***б*** — горизонтально-клиновой, ***в*** — пирамидальный; г — верхний; ***д*** — нижний; ***е*** — боковой правый; ***ж*** — боковой левый; з —двойной клиновой; ***и*** — тройной клиновой

Горизонтально-клиновой вруб (рис. 7.1, ***б)*** применяется при горизонтальном или пологом падении пластов или трещин.

Область применения простых клиновых врубов можно расширить, используя двойной или иногда тройной клиновой вруб.

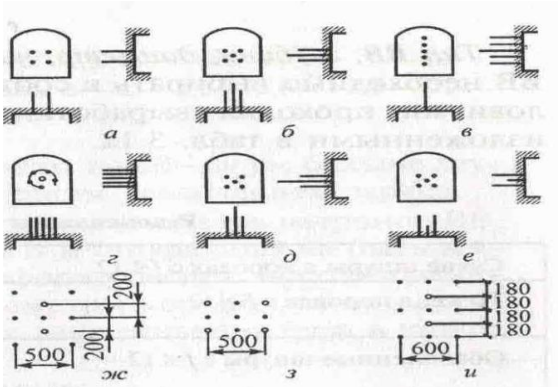
Пирамидальный вруб (рис. 7.1, ***в)*** состоит из 3—6 шпуров глубиной до 2,5 м, угол наклона к забою составляет 65—75°. Применяется по монолитным породам различной крепости и характеризуется большим разбросом породы.

Врубы верхний (рис. 7.1, *г)* и нижний (рис. 7.1, *д),* боковой правый (рис. 7.1, ***е)*** и левый (рис. 7.1, ***ж)*** применяют при таком четко выраженном направлении слоистости, чтобы пересечение границ между пластами было возможно под углами, близкими к прямому углу. Шпуры образуют односторонний клин соответственно у кровли, почвы и одного из боков выработки.

К прямым врубам относятся призматический, щелевой, спиральный, шагающий, со взрывной запрессовкой зарядов, с очищающими врубовую полость зарядами, с компенсационными полостями и др.

Призматический вруб (рис. 7.2, *а)* применяется в выработках любого сечения по породам средней крепости и крепким. Шпуры вруба образуют во взрываемой породе трехгранную или многогранную призму.

В породах, склонных к запрессовке, целесообразно применение призматического вруба с очищающим зарядом небольшой величины (рис. 7.2, ***б).*** Его размещают в центральном шпуре, который глубже остальных шпуров на 0,2—0,3 м, а взрывают — с замедлением 20—50 мс



Р и с . 7.2. Прямые врубы:

***а*** — призматический; ***б*** — призматический с очищающим зарядом; ***в*** — щелевой с очищающим зарядом; ***г***— спиральный; ***д*** — шагающий; ***е*** — с запрессовочным зарядом; ***ж, з, и*** — примеры врубов с компенсационными полостями :

Щелевой вруб (рис. 7.2, ***в)*** образуют шпуры, располагаемые на одной вертикальной линии, на расстоянии 0,1—0,2 м друг от друга. Применяется в тех же породах, что и призматический вруб. Возможны варианты вруба со всеми заряжаемыми шпурами и заряжанием через один шпур. Вруб может применяться в любых сечениях, особенно целесообразен в выработках небольшой ширины.

Известно несколько вариантов спиральных врубов (рис. 7.2, *г).* В одном из них шпуры размещают в плоскости забоя на все увеличивающемся расстоянии друг от друга как бы по спирали. Целесообразно первый шпур оставлять холостым, а первый взрываемый заряд располагать на небольшом расстоянии от холостого шпура. Заряды взрываются с замедлением, постепенно увеличивая объем врубовой полости. Вруб применяют в выработках любых сечений по породам средней крепости и крепким независимо от особенностей строения и свойств.

В шагающем врубе (рис. 7.2, *д)* один шпур бурится в два раза глубже остальных. Взрыв заряда этого шпура образует врубовую полость и для следующего цикла проходки.

Во врубах с запрессовочными зарядами (рис. 7.2, е*),* размещаемыми в коротких шпурах, эти заряды взрываются первыми и запрессовывают участок забойки, увеличивая эффективность работы основных врубовых зарядов. Применяется в породах, склонных к запрессовке.

Врубы с компенсационными полостями (рис. 7.2, ***ж, з, и)*** включают один или несколько шпуров увеличенного диаметра или скважин, которые не заряжаются. Такие врубы применяются в породах средних и крепких и обеспечивают подвигание забоя в цикле до 6 м.

*Тип **ВВ,** глубина, диаметр, число и схема размещения шпуров.* Тип ВВ необходимо выбирать в соответствии с горно-техническими условиями проходки выработки, руководствуясь рекомендациями, изложенными в табл. 7.1

Таблица 7.1

**Рекомендации по выбору типа ВВ**

| | |
|---|---|
| Сухие шпуры в породах с $f<12$ | Гранулиты М; АС-4; аммонит 6ЖВ |
| То же, в породах с $f>12$ | Гранулит АС-8В, детонит М, аммонал скальный № 3, акванал АРЗ-8Н |
| Обводненные шпуры с $f<12$ | Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке; аммонал М-10 |
| То же, в породах с $f>12$ | Детонит М; аммонал скальный № 1, аммонал скальный № 3 в полиэтиленовой оболочке |

*Глубина и длина для шпуров,* пробуренных перпендикулярно плоскости забоя, совпадают. Для наклонных шпуров под глубиной понимают проекцию оси шпура на ось выработки.

Шпуровой комплект характеризуется средней глубиной шпуров. Она принимается в зависимости от размеров сечения, свойств пород, необходимых темпов проходки выработки, возможностей, применяемого бурового оборудования. Глубину шпуров вычисляют по формуле

$$l_{ШП} = L/(Tnmk\eta), \qquad (7.1)$$

где $L$ — проектная длина выработки, м; $n$ — число рабочих дней в месяце (принимается в соответствии с режимом работы предприятия — с одним или двумя общими выходными днями в неделю или без общих выходных дней, т. е. с непрерывным режимом работы); $m$ — число рабочих смен в сутки (принимается равным 1—4 — при шестичасовом рабочем дне и 1—3 при семичасовом); k — число проходческих циклов за смену; η— коэффициент использования шпуров; ***T —*** время на проходку выработки.

Под коэффициентом использования шпуров (η) понимают отношение подвигания забоя в каждом цикле к средней глубине шпуров. Значения $\eta$ лежат в пределах от 0,75 для трудновзрываемых до 0,95 для легковзрываемых горных пород. Глубина шнуров (м) зависит от коэффициента крепости пород $f$.

Коэффициент крепости пород $f$…….. 1,5—3 4 — 6 7 — 20
Глубина шпуров (м) при площади поперечного….. 3—2,5 2,5 — 2,0 2,5 — 1 , 5
сечения выработки до 12 м$^2$

Глубину врубовых шпуров часто задают на 20—30 см больше глубины остальных шпуров с соответствующим увеличением заряда.

Диаметр шпуров обосновывают с учетом диаметра патронов ВВ. Разность между диаметрами патрона ВВ и шпура должна быть минимальной. При бурении шпуров перфораторами с использованием комплекта буров целесообразно диаметры коронок на промежуточном буре и забурнике во избежание заклинивания бура в шпуре брать больше, чем на основном буре.

Число шпуров вычисляют по формуле:

$$N= 1{,}27\, qSr/d^2\rho_{вв}k_З, \qquad (7.2)$$

где $q$ — удельный расход ВВ, кг/м$^3$ (его значения могут быть установлены по табл. 7.1 с учетом коэффициента работоспособности ВВ); $Sr$— проектная площадь поперечного сечения выработки вчерне, м$^2$; $d$ — диаметр патрона ВВ или диаметр шпура (при использовании гранулированных ВВ), м; $\rho_{вв}$ — плотность ВВ в патроне или заряде гранулированного ВВ, кг/м$^3$; $k_З$ — коэффициент заполнения шпуров (для патронированных ВВ принимается по табл. 7.2).

Таблица 7.2. Зависимость коэффициента заполнения ($К_З$)от крепости пород ($f$)

| Диаметр патрона ВВ, мм | $f < 12$ | $f \geq 12$ |
|---|---|---|
| 28 | $К_З$ = 0,35—0,70 | $К_З$ = 0,75-0,85 |
| 32,36 | $К_З$= 0,30-0,60 | $К_З$ = 0,60-0,85 |
| 40 | $К_З$ = 0,30-0,50 | $К_З$= 0,50—0,75 |

Рассчитанное число шпуров необходимо распределить на врубовые, вспомогательные, оконтуривающие. Число врубовых шпуров определяется типом вруба, его конструкцией и размерами выработки. В клиновых врубах общее число шпуров можно разбить по группам, используя соотношение: $n_{вр}$: $n_{вс}$: $n_{0К}$ = 1 : 0,5 : 2 — число врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпуров соответственно.

В прямых врубах число вспомогательных и оконтуривающих шпуров можно определить исходя из величины линии наименьшего сопротивления зарядов (см. разд. «Взрывные работы»).

ЛЕКЦИЯ 8

**ТЕМА 2.3. Технология проходки разведочных выработок** *(продолжение)***:**

2.3.4. Особенности технологии проходки горизонтальных выработок большой протяженности. Проходка рассечек коротких штолен. Сооружение технологических камер;

2.3.5.Формы и размеры поперечного сечения разведочных шурфов, способы их проходки;

Горизонтальные выработки во время их проведения по условиям проветривания являются тупиковыми, т. е. в них невозможно сквозное движение вентиляционной струи. Поэтому их проветривание осуществляется с учетом горно-технических и горно-геологических условий вентиляторами местного проветривания с прокладкой по выработкам вентиляцион-

ных труб. Без использования вентиляторов (за счет диффузии) горизонтальные выработки разрешается проветривать при их длине не более 10 м.

*Нагнетательный способ проветривания* (рис.8.1, *а)* целесообразен при небольшой (до 300 м) длине выработок и при любой длине выработок, опасных по газу или пыли. В обычных условиях в длинных выработках и с учетом того, что Правилами безопасности продолжительность проветривания ограничена до 30 мин, этот способ требует применения мощных вентиляторов.

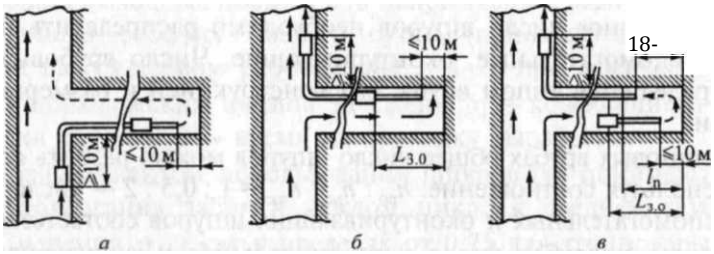
При этом способе свежий воздух подается вентилятором по трубопроводу, прокладываемому по всей выработке, а загрязненный воздух вытесняется непосредственно по выработке. По Правилам безопасности отставание трубопровода от забоя допускается в горизонтальной выработке не более чем на 10м. Вентилятор должен располагаться не ближе чем в 10 м от устья выработки во избежание подсасывания загрязненного воздуха. При использовании одного или нескольких вентиляторов, размещаемых у устья проветриваемой выработки, весь трубопровод работает под избыточным по отношению к атмосферному давлением.

Поэтому при такой схеме проветривания возможно применение как жестких, так и гибких вентиляционных труб. Если нагнетательный вентилятор устанавливается на сквозной струе другой выработки, то его подача, чтобы не было подсасывания воздуха из исходящей струи, не должна превышать 70 % от расхода воздуха в сквозной струе.

Недостатком нагнетательного способа является то, что газы, образующиеся при взрывных работах, распространяются по всей выработке, и это исключает возможность выполнения в ней любых работ до окончания проветривания.

*Всасывающий способ проветривания* (рис. 8.1, *б)* характерен тем, что свежий воздух поступает к забою непосредственно по выработке, а загрязненный удаляется по трубопроводу. Основной его недостаток заключается в том, что глубина зоны эффективного разрежения воздуха перед всасывающим трубопроводом у забоя составляет всего 1,5—2,0 м, следовательно, у забоя могут формироваться зоны застоя с высокой концентрацией ядовитых газов. Таким образом, всасывающий способ неэффективен для проветривания выработок большого поперечного сечения. Кроме того, на всех участках трубопровода, где он работает в режиме разрежения воздуха внутри трубопровода, не могут быть использованы гибкие трубы.

*Комбинированный способ проветривания* (рис. 8.1, *в)* рекомендуется Правилами безопасности как основной. При его использовании по всей длине выработки прокладывается только всасывающий трубопровод, а в призабойной части выработки — трубопровод, по которому в рабочую зону подается воздух из незагрязненной части выработки.



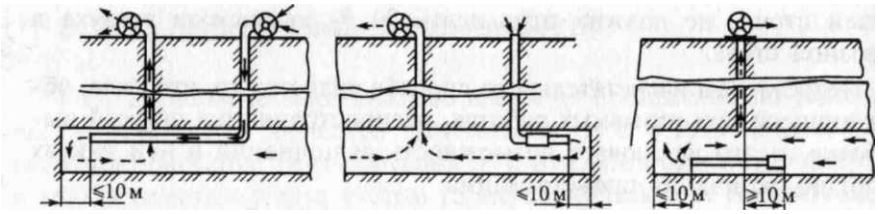

Р и с . 8 . 1 . Схемы проветривания: нагнетательная (о), всасывающая (б) и комбинированная (в)

Нагнетательный вентилятор располагается от забоя выработки на расстоянии не менее длины зоны отброса газов $L_{з.о}$, которая обычно лежит в пределах 50—90 м.

Для ускорения проветривания на расстоянии $l_п$ = 30—60 м от забоя может устанавливаться дощатая или гибкая вентиляционная перемычка.

Комбинированный способ особенно целесообразен для проветривания протяженных выработок с большой площадью сечения. Но, как и всасывающий, он не может применяться в выработках, опасных по газу и пыли.

Проветривание выработок с помощью скважин (рис. 8.2) применяется при значительной длине выработок, сравнительно небольшом расстоянии до земной поверхности или при наличии вышерасположенного разведочного горизонта. Применение скважинного способа позволяет освободить выработку на основной ее длине от тубопровода. При бурении вентиляционных скважин можно получить дополнительную геологическую информацию о горных породах, а сами вентиляционные скважины могут быть использованы для других технических целей — прокладки труб, кабелей, доставки длинномерных материалов.




Р и с . 3.13. Схемы проветривания с использованием скважин:

***а*** — скважина, ближайшая к забою, работает во всасывающем режиме;
***б*** — скважина, ближайшая к забою, работает в нагнетательном режиме;
***в*** — у забоя работает вентилятор местного проветривания и скважина во всасывающем режиме

Скважины располагаются обычно в 50—100 м друг от друга по трассе выработки. Их диаметр составляет 300—500 мм.

В процессе проведения выработки проветриваются осевыми или центробежными вентиляторами. Осевые вентиляторы более компактны, поэтому при их установке, как правило, не требуется расширять выработку или сооружать специальные камеры.

Условия использования вентиляторов отличаются большим разнообразием (различные площади сечения и длины выработок, наличие или отсутствие электроэнергии). В связи с этим у вентиляторов местного проветривания диапазон расхода воздуха составляет от 1 до 20 $м^3/с$, а полное давление достигает 800 даПа.

Основными аэродинамическими параметрами вентиляторов являются подача (м/мин), давление (даПа), мощность (кВт), КПД, угол установки лопаток направляющего аппарата. Графическая зависимость давления, мощности и КПД от подачи называется аэродинамической характеристикой вентилятора. У всех вентиляторов с увеличением подачи создаваемое давление уменьшается. КПД вентилятора сначала увеличивается, а затем уменьшается. Максимальное значение его у вентиляторов с электроприводом составляет: для осевых 0,7—0,8, для центробежных — 0,8—0,87. Значительно ниже КПД у вентиляторов с пневмоприводом. Оптимальными являются режимы работы вентилятора, при которых КПД составляет не менее 0,9 максимального значения. В табл. 3.14 приведены технические характеристики вентиляторов.

Для проветривания тупиковых выработок применяются как жесткие, так и гибкие вентиляционные трубы. Жесткие трубы изготовляют из металла, пластмасс или дерева. Они обладают большей прочностью, большим сроком службы, могут применяться как при избыточном, так и при недостаточном давлении в трубопроводе. Их недостатками являются большая масса, трудности при транспортировании, большое число стыков, что усложняет монтаж и приводит к повышенным утечкам воздуха.

Таблица. 8.1

Технические характеристики вентиляторов

| Марка вентилятора | Подача, $м^3$/мин | Давление, даПа | Мощность двигателя, кВт | Масса, кг | Размеры, мм | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | длина | ширина | высота |
| *Осевые с электроприводом* | | | | | | | |
| ВМ-3М | 42-100 | 40-100 | 2,2 | 45 | 560 | 450 | 450 |
| ВМ-4М | 50-155 | 70-145 | 4 | 107 | 740 | 550 | 560 |
| ВМ-5М | 95-270 | 60-212 | 13 | 250 | 940 | 660 | 670 |
| ВМ-6М | 140-480 | 75-340 | 24 | 350 | 1050 | 730 | 750 |

Продолжение таб. 8.1

| Марка вентилятора | Подача, $м^3$/мин | Давление, даПа | Мощность двигателя, кВт | Масса, кг | Размеры, мм | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ВМ-8М | 240-780 | 80-420 | 55 | 650 | 1460 | 880 | 1000 |
| *Осевые с пневмоприводом* | | | | | | | |
| ВМП-3М | 30-100 | 40-120 | 2 | 35 | 280 | 450 | 450 |
| ВМП-4 | 45-100 | 40-220 | 5 | 50 | 300 | 500 | 550 |
| ВМП-5М | 70-270 | 80-220 | 9 | 75 | 380 | 670 | 680 |
| ВМП-6М | 120-480 | 60-290 | 24 | 220 | 700 | 805 | 855 |
| *Центробежные* | | | | | | | |
| ВЦО-0,6 | 50-462 | 260-600 | 50 | 1328 | 1680 | 1450 | 1500 |
| ВЦ-7 | 84-660 | 100-1080 | 75 | 1400 | 1495 | 1200 | 1430 |

Металлические трубы изготовляют методом сварки из листа толщиной 2 и 2,5 мм. Длина труб 2,5—4 м, диаметр от 0,3 до 1 м и более. Соединение труб осуществляют с помощью фланцев, болтов или поясов. Герметичность обеспечивается путем использования резиновых прокладок. Масса 1 м металлических труб в зависимости от их диаметра и толщины листовой стали составляет 24—70 кг.

Деревянные круглые (фанерные) трубы успешно применяют в сухих выработках, например, на месторождениях калийных солей.

Гибкие трубопроводы диаметром 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 и 1 м имеют основу из хлопчатобумажной, лавсановой, капроновой или комбинированной ткани с одно- или двусторонним покрытием из негорючей резины или полихлорвинила. Длина основного рабочего звена для труб диаметром до 0,6 м составляет 20 м, диаметром более 0,6 м — 10 м. Разменные звенья выпускают длиной 5 и 10 м. Для стыковки в трубы вмонтированы стальные разрезные пружинящие кольца.

ЛЕКЦИЯ 9

**ТЕМА 2.3. Технология проходки разведочных выработок** *(продолжение)***:**

2.3.6. Особенности проведения восстающих штреков;

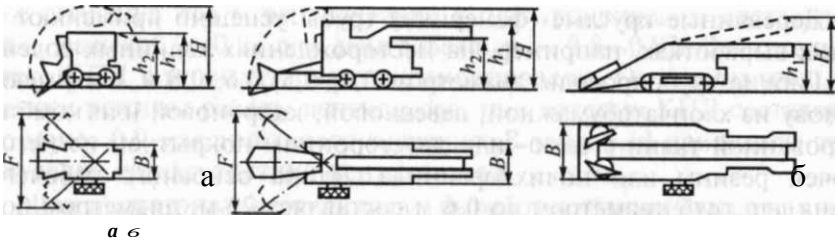
2.3.7. Общие сведения о технологии и организации работ при проходке стволов разведочных скважин.

Уборка породы включает погрузку и транспортировку породы до места назначения. Погрузка породы при проведении горно-разведочных выработок — процесс, занимающий до 60 % общего времени проходческого цикла. При буровзрывном способе проведения разведочных выработок основной объем породы убирают породопогрузочными машинами и только незначительную его часть — вручную.

***Погрузочная машина*** выполняет две основные функции: захватывает горную породу по фронту работы *(F)* и грузит породу на транспортную установку, поднимая горную массу на необходимую высоту *(H)*. Широкое распространение получили погрузочные машины периодического действия с нижним захватом с ковшовым исполнительным органом прямой (рис. 9.1, *а)* и ступенчатой (рис. 9.1, *б)* погрузки. Погрузочные машины можно классифицировать по следующим признакам: по типу исполнительного органа — ковшовый, гребковый, барабанно-лопастной, нагребающие лапы; по принципу действия исполнительного органа — периодический или непрерывный; по способу захвата — нижний, боковой, верхний; по способу передачи груза на транспортное устройство — прямая или ступенчатая погрузка; по способу ходовой части — колесно-рельсовые, гусеничные, пневмоколесные машины.

Машины прямой погрузки имеют две модификации: с перекатывающейся рукоятью и с боковым опрокидыванием ковша. Ковшовые машины ступенчатой погрузки оборудуют передаточным ленточным, пластинчатым или скребковым конвейером, входящим в конструкцию машины.

В практике все больше применяют погрузочные машины непрерывного действия с боковым захватом (рис. 9.1, *в)*. Исполнительный орган таких машин — нагребающие лапы, скребковые бары или рифленые диски.




*а б*

Р и с . 9.1. Погрузочные машины периодического действия с нижним захватом (а, *б)* и непрерывного действия с боковым захватом (в)

Широко распространены машины типа ППН (рис. 3.15, табл. 3.15) периодического действия прямой (ППН-1, ППН-3А, ППН-2Г) или ступенчатой погрузки с нижним захватом и машины типа ПНБ (табл. 3.15) непрерывного действия с боковым захватом.

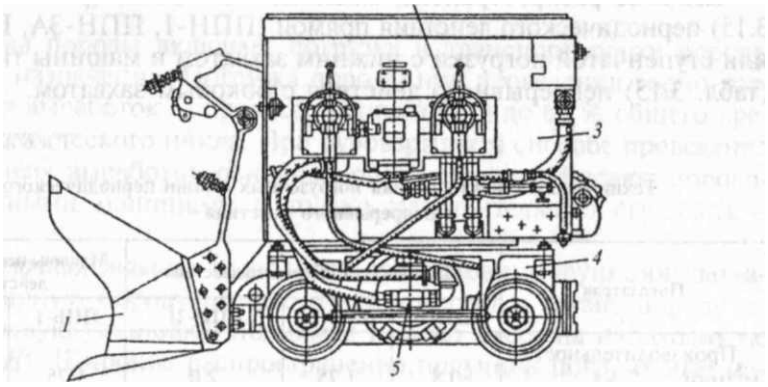
Таблица 9.1

**Техническая характеристика погрузочных машин периодического и непрерывного действия.**

| Показатели | Машины периодического действия | | | Машины непрерывного действия | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ППН-1С | ППН-3А | ППН-2Г | ПНБ-1 | 1ПНБ-2 |
| Производительность, $м^3$/мин | 0,8 | 1,75 | 2,0 | 1,25 | 2,2 |
| Вместимость ковша, $м^3$ | 0,2 | 0,55 | 0,8 | — | — |
| Габариты, мм: Ширина длина | 1250 2250 | 1500 3200 | 1800 - | 1100 6500 | 1600 7275 |
| Максимальная высота разгрузки, мм | 2250 | 2800 | 3200 | 1350 | 1800 |
| Фронт погрузки, м | 2,2 | 3,2 | Не ограничен | 4,7 | 6,0 |
| Масса, т | 3,5 | 6,8 | 13 | 4,7 | 6 |
| Мощность двигателя, кВт | 14 | 38,3 | 20 | 21 | 3! |
| Ходовая часть | Колесно-рельсовая | | Гусеничная | Гусеничная | |
| Вид энергии | Пневматическая | | | Электрическая | |

Наибольшее распространение при проходке горно-разведочных выработок получили погрузочные машины с ковшом на перекатывающейся рукояти. Машина этого типа ППН-1С предназначена для погрузки разрушенной взрывом горной массы с крупностью кусков до 350 мм в вагонетки и другие транспортные средства при проведении горизонтальных выработок. Для транспортировки породы используются следующие вагонетки: опрокидные — ВО, с кузовом вместимостью 0,4 и 0,8 м$^3$, а также вагонетки с глухим кузовом ВГ) вместимостью 1,0; 1,1; 1,3; 1,4 и 1,6 м$^3$. Ширина колеи для этих вагонеток должна составлять 600 мм.

*Технология уборки.* При погрузке породы машиной с колесно-рельсовой ходовой частью возникает необходимость в наращивании рельсовых путей. Для этого применяют временные короткие переносные звенья или выдвижные звенья рельсового пути. На практике более целесообразным оказался второй способ, заключающийся в том, что из последнего звена постоянного рельсового пути выдвигается по мере необходимости временное рельсовое звено. Выдвигание звена производят ковшом погрузочной машины. Характеристика рудничных рельсов приведена в табл. 9.2




Р и с . 9.2. Погрузочная машина ППН-1С:

/–ковш; **2** — пульт управления; J – поворотная платформа; *4* — ходовая часть; *5* — пневмопривод ходовой части

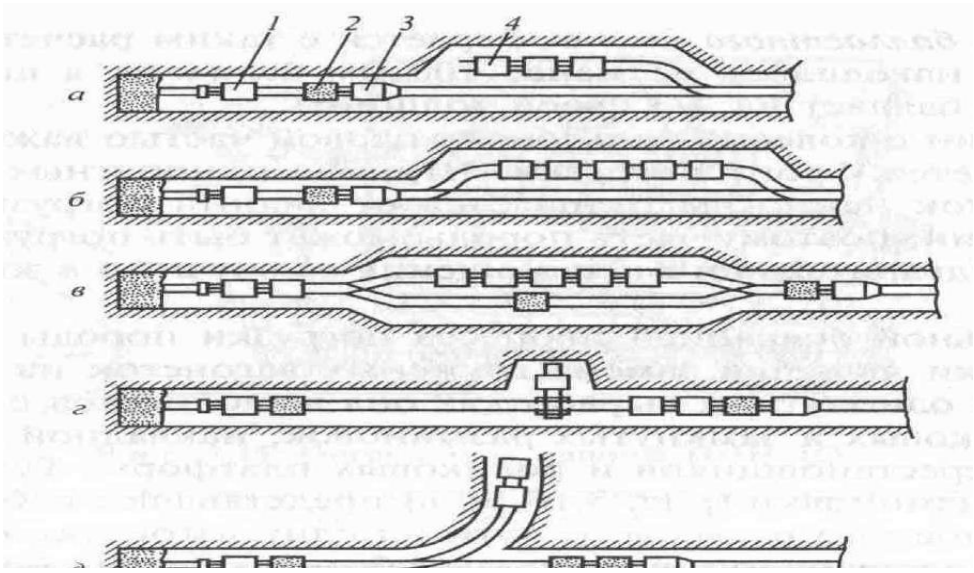
Толщина *балластного слоя* выбирается с таким расчетом, чтобы под шпалой находилось не менее 100 мм балласта, а шпала была погружена в балласт на 2/3 своей толщины.

Для машин с колесно-рельсовой ходовой частью важным параметром является фронт погрузки. Ширина однопутных разведочных выработок немногим отличается от фронта погрузки применяемых машин, поэтому часть породы может быть погружена только после предварительного перемещения ее вручную в зону работы ковша.

Обязательной операцией процесса погрузки породы в одиночные вагонетки является замена груженых вагонеток на порожние вагонетки. В однопутных выработках она выполняется с использованием тупиковых и замкнутых разминовок, накладной разминовки, вагоноперестановщиков и роликовых платформ. Тупиковые и замкнутые разминовки (рис. 9.3, *а, б)* представляют собой ответвления от основного рельсового пути на одну вагонетку или на состав. При недостаточной ширине выработки в месте оборудования разминовки выработку расширяют до необходимых размеров. Маневровые операции успешнее выполняются с использованием аккумуляторных и контактных электровозов. При проведении горно-разведочных выработок чаще всего применяют следующие электровозы: аккумуляторные — 2АРП и 4,5АРП-2М; контактные — 4КР и 7КР1У. Сцепной вес электровозов соответственно составляет (кН): 22, 45, 40 и 70, а тяговое усилие (кН) в часовом режиме - 2, 7, 9 и 16,5.

Расстояние между разминовками составляет 40—60 м, достигая в некоторых случаях 125 м. Накладная разминовка (рис. 3.16, *в)* изготовляется из легких рельсов, смонтированных на металлической плите, которая укладывается на основной рельсовый путь. Концевые секции разминовки имеют стрелочные переводы для съезда на основной рельсовый путь.

Одна ветвь разминовки используется как грузовая, а другая — как порожняковая. Состав порожних вагонеток электровозом подается на порожняковую ветвь, а затем по одной вагонетке — к погрузочной машине. Для откатки груженых вагонеток и размещения их на грузовой ветви может использоваться маневровая лебедка. Вагоноперестановщики и роликовые платформы (рис. 3.16, *г)* располагают от погрузочной машины на расстоянии, не меньшем длины поезда. Для установки вагонопереста-новщика или платформы в выработке с недостаточной шириной сооружают нишу глубиной около 1,5 м. С помощью вагонопереста новщика или платформы в нише размещается порожняя вагонетка, которая подается к погрузочной машине после загрузки и удаления предыдущей.




*а* — тупиковая разминовка; *б* — замкнутая разминовка; *в* — накладная разминовка; *г* — вагоноперестановщик или роликовая платформа; *д* — с использованием рассечки; *е* - с применением забойного перегружателя; *1* — погрузочная машина; *2* — груженая вагонетка *3* — электровоз; *4* — порожняя вагонетка

***Рис.9.3. Схемы обмена вагонеток.***

Ближе к забою эти обменные средства переставляют через 30—40 м. Применение рассмотренных средств обмена груженых вагонеток на порожние характеризуется затратой от 2 до 10 мин на одну вагонетку и дополнительными затратами труда и средств на их сооружение.

При использовании забойных ленточных перегружателей (рис. 9.3, *е)* под консоль перегружателя устанавливается состав из 5—8 вагонеток. От погрузочной машины порода поступает в приемный бункер перегружателя, а из него по ленточному транспортеру — в состав вагонеток. Загруженный состав может транспортироваться до места разгрузки или обмена на порожний состав. Расстояние между пунктами обмена в этом случае может быть увеличено. Затраты времени на обменные операции минимальны.

При использовании перегружателя в комплексе с другим самоходным оборудованием, например с бурильными установками, для его размещения в однопутной выработке необходимо сооружать тупиковый заезд.

При проходке штолен и штреков с рассечками рассечки могут успешно использоваться для выполнения обменных операций (рис. 9.3, *д)*. В редких случаях проведения при разведке месторождений двухпутных выработок обмен вагонеток по сравнению с однопутными выработками упрощается. Здесь отпадает необходимость в расширении выработок или сооружении специальных ниш. Обмен вагонеток при наличии двух путей производят с помощью накладных съездов, накладных плит-разминовок и роликовых платформ.

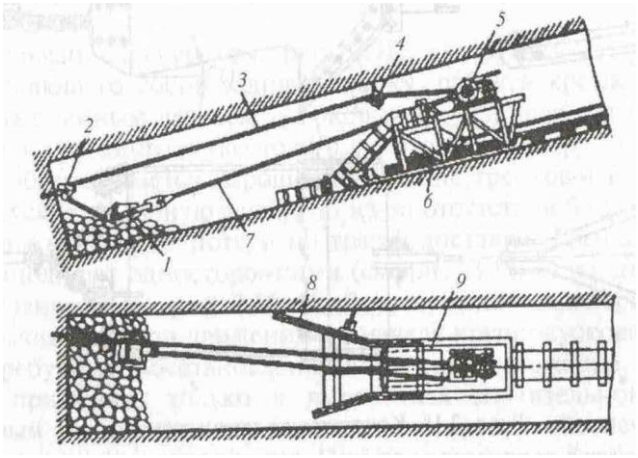
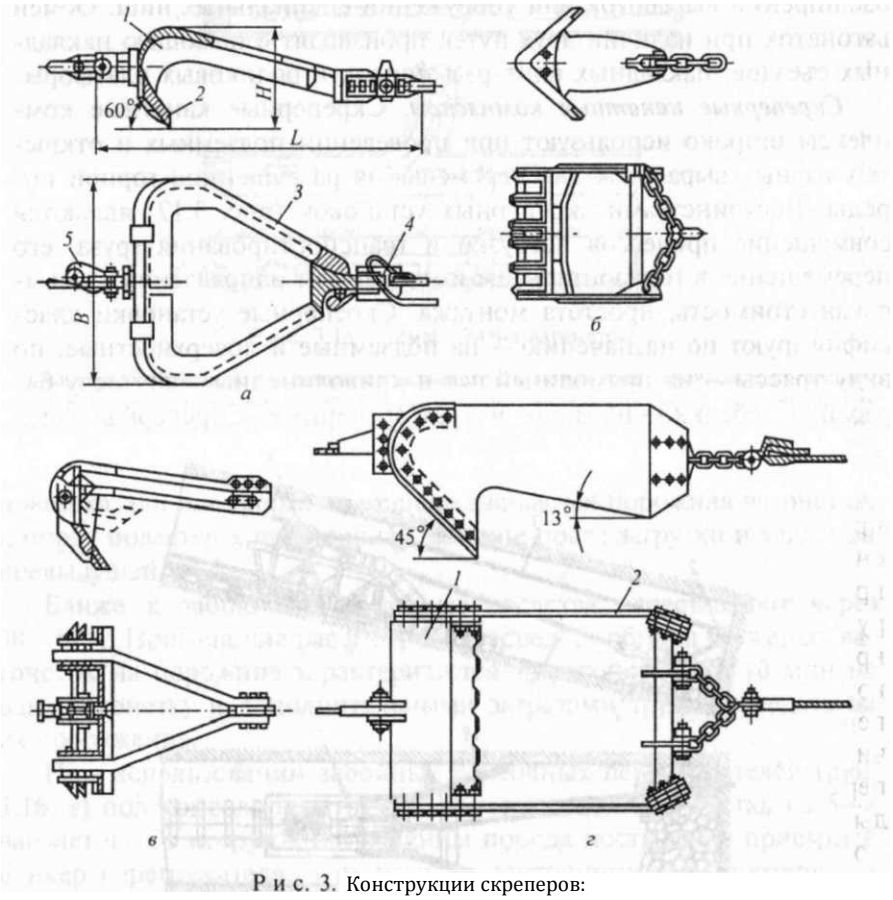



Рис.9.4. Скреперная установка при проходке пологонаклонной выработки

***Скреперные канатные комплексы.*** Скреперные канатные комплексы широко используют при проведении подземных и открытых горных выработок для перемещения разрушенной горной породы. Достоинствами скреперных установок (рис. 3.17) являются совмещение процессов погрузки и транспортирования груза, его перемещение в горизонтальном и наклонном направлениях, невысокая стоимость, простота монтажа. Скреперные установки классифицируют по назначению — на подземные и поверхностные; по виду трассы — на прямолинейные и криволинейные; по числу барабанов лебедки — на двух- и трехбарабанные.

Скреперная установка для проведения горных выработок состоит из скрепера *1,* концевого блока *2,* хвостового каната *3,* поддерживающего блока *4,* скреперной лебедки 5, вагонетки или скипа *6,* головного каната 7, борта *8* и полка *9.* Рациональная дальность транспортирования скреперами составляет 10—50 м, максимальный угол наклона трассы до 45°. Основными элементами скреперной установки являются скрепер, лебедка, канаты и блоки.

Рабочим органом скреперной установки является скрепер, который зачерпывает и перемещает породу до места разгрузки. Скреперы (рис. 9.5) по конструктивному исполнению подразделяют на тресковые, ящичные, гребково-ящичные и совковые. Все типы скреперов имеют буквенные обозначения, например: гребковые односекционные жесткие — СГ, гребковые многосекционные жесткие — СГМ, гребковые односекционные шарнирно-складывающиеся — СГШ, скреперы ящичные — СЯ, скреперы совковые — СС. Основной параметр скрепера — это его геометрическая вместимость.




Р и с. 3. Конструкции скреперов:

*а* — гребковый; *б* — гребковый с двумя ножами; *в* — гребковый односекционный шарнир-но-складывающийся; *г* – ящичный скрепер; *H* – высота скрепера, *L* – длина, *B* – ширина

Для доставки крупнокусковых абразивных руд наибольшее распространение получили гребковые односекционные жесткие скреперы (рис. 9.5, *а, б),* гребковые односекционные шарнирно-складывающиеся (рис. 9.5, *в),* гребковые многосекционные жесткие или шарнирно-складывающиеся.

Ящичные скреперы (рис.9.5, *г)* применяют для доставки мелкокусковатой горной массы невысокой крепости. Гребково-ящичные скреперы отличаются от односекционных жестких гребковых скреперов наличием больших боковых стенок. Этот тип скрепера применяют для доставки среднекусковой горной массы повышенной влажности.

По способу изготовления скреперы разделяют на литые, сварные и комбинированные; по способу соединения задней (рабочей) стенки с тягами или боковыми стенками — жесткие и шарнирно-складывающиеся; по расположению режущих кромок — одно-и двусторонние; по исполнению — на разборные и неразборные.

К конструкции скрепера предъявляют такие основные требования, как обеспечение полного и быстрого его заполнения, высокая прочность, устойчивость при движении по неровной почве выработки.

Гребковый скрепер (см. рис. 9.5, *а)* состоит из корпуса /, представляющего собой заднюю стенку, рабочая кромка которого снабжена сменным лезвием 2, боковых тяг *3* и двух серег *4* и 5 для крепления головного и хвостового канатов. Благодаря такой конструкции обеспечивается хорошее внедрение гребкового скрепера в крупнокусковую горную массу, но из-за отсутствия боковых стенок возможны некоторые потери по трассе доставки. Гребковые скреперы выполняют односторонними (см. рис. 9.5, а) и с двумя рабочими лезвиями (см. рис. 9.5, *б).* Двусторонние скреперы в случае переворачивания при движении по навалу крупнокусковатой породы не требуют их восстановления в прежнее положение, однако их можно применять только в выработках значительной высоты. Гребковый шарнирно-складывающийся скрепер обеспечивает хорошее внедрение и заполнение. При холостом хо-

де благодаря складыванию задней стенки уменьшается сопротивление перемещению скрепера, он редко опрокидывается и проходит через небольшой просвет под кровлей выработки над навалом породы. Многосекционные гребковые скреперы выполняют жесткими или шарнирно-склыдывающимися и применяют их в выработках шириной 1,6-2,0 м.

Такие скреперы при относительно небольшой ширине обеспечивают ббльшую производительность, чем односекционные. Ящичный скрепер (рис. 9.5, *г)* состоит из задней стенки *1* с режущим лезвием и двух боковых стенок *2,* благодаря которым достигают меньших потерь доставляемой горной массы по сравнению с гребковым скрепером, однако наличие боковых стенок обеспечивает внедрение ящичного скрепера только в разрыхленную мелкокусковую горную массу. Ящичные скреперы широко применяют для доставки калийных руд, а также при разработке россыпных месторождений.

Скреперы выпускают с такой вместимостью: СГ — 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6 и 1,0 $м^3$; СГМ - 0,6; 1,0 и 1,6 $м^3$; СГШ - 0,25; 0,4; 0,6 и 1,0 $м^3$; СЯ — 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0 и 1,6 $м^3$. Оптимальный угол внедрения рабочей кромки скрепера для крупнокусковатой горной массы составляет 55—60°, для мелкой сыпучей горной массы — 40—45°. Оптимальная скорость движения загруженных скреперов обычно достигает 1 — 1,2 м/с.

*Скреперная лебедка* предназначена для перемещения скрепера с горной массой по горизонтальным и наклонным горным выработкам. Лебедки, применяемые в скреперных установках, подразделяют на лебедки малой мощности —до 10 кВт, средней мощности — от 10 до 20 кВт и мощные — свыше 20 кВт; по виду применяемой энергии — на электрические и пневматические; по числу барабанов — на двух- и трехбарабанные; по размещению двигателя — на лебедки с двигателями, установленными соосно барабанам, и с двигателями, установленными параллельно оси барабанов; по способу управления — с ручным, дистанционным и автоматическим управлением. Скреперные лебедки с электрическим приводом получили наиболее широкое распространение, а с пневматическим применяют только в особых случаях, когда невозможно использовать электрическую энергию. Двухбарабанные скреперные лебедки применяют для скреперования по горизонтальным выработкам, трехбарабанные — при широком фронте захвата и для скреперования в наклонных горных выработках.

Лебедки с двумя и тремя барабанами изготовляют мощностью 10, 17, 30, 55, 75 и 100 кВт. Обозначение лебедки, например, 17ЛС-2С, 30ЛС-2П расшифровывается следующим образом: первое число (17, 30) — мощность, кВт; ЛС — лебедка скреперная; цифра 2 — с двумя барабанами; буквы С — соосное и П — параллельное расположение барабанов и двигателя.

*Блоки скреперные* предназначены для направления движения каната в доставочной выработке от места загрузки скрепера к месту его разгрузки. Блоки выбирают исходя из среднего тягового усилия на рабочем барабане применяемой лебедки и диаметра каната. Ролики устанавливают на подшипниках, блоки имеют уплотнения, предохраняющие от попадания пыли в подшипники и утечки смазки из них. Скреперный блок с диаметром ролика по дну канавки 250 мм обозначают БС-25.

***Деревянная крепь.*** Основными конструктивными звеньями деревянной крепи являются крепежные рамы. Крепежная рама состоит из верхняка и двух боковых стоек, устанавливаемых под углом 83° к горизонту. Наиболее прочное и часто встречающееся соединение верхняка со стойкой — «в лапу». Длина стоек выбирается с расчетом заглубления их в почву выработки на 15—20 см, при этом концы стоек нередко заостряют, чем обеспечивается возможность ограниченных деформаций крепежной рамы в период максимальных нагрузок («податливость» крепи). После установки в выработке каждая крепежная рама тщательно расклинивается. Рамы могут устанавливаться вплотную друг к другу («крепление всплошную») или на расстоянии 0,5; 1,0 и 1,5 м одна от другой («крепление вразбежку»). При креплении вразбежку кровля выработки всегда всплошную затягивается досками или обаполами, боковые стенки выработок, пройденных в породах с $f < 4$, также затягиваются всплошную, а в породах с $4 \leq f \leq 8$ — вразбежку, с расстоянием между соседними досками или обаполами,

равным ширине доски. В породах с $f > 8$ затяжка боковых стенок выработки может не производиться. В качестве крепежного материала чаще всего используется сосна. Наиболее широко применяются стойки диаметром 16—26 см.

***Анкерная крепь.*** Сущность крепления горных выработок анкерной крепью заключается в том, что слои кровли «подшиваются» к более прочной основной кровле или скрепляются между собой анкерами. Широкое распространение получил способ крепления выработок железобетонными анкерами (штангами). Железобетонные анкеры получают в результате заполнения песчано-цементным раствором шпура, в который затем вводят стальную арматуру. Раствор, заполняющий шпур, создает прочный контакт с породой по всей длине анкера и препятствует смещению и расслоению пород. Для крепления железобетонными анкерами используется цементно-песчаная смесь состава 1 : 1 или 1 : 2 из цемента марок 400 или 500, а в качестве арматуры — сталь переменного профиля диаметром 16 мм.

Предел текучести арматурной стали составляет $3{,}4 \cdot 10^8$ Па, удельное сцепление бетона с породой в зависимости от марки цемента изменяется от $1{,}0 \cdot 10^6$ Па до $1{,}4 \cdot 10^6$ Па, а удельное сцепление арматурного стержня с бетоном составляет примерно $12 \cdot 10^6$ Па.

Шпуры бурятся телескопными перфораторами. Для установки штанг применяется комплект оборудования, состоящий из пневмо-нагнетателя, контейнеров для транспортировки компонентов смеси и бака. В баке смесь перемешивается лопастным валом, вращающимся от пневмопривода, а затем подается в шпур. Техническая характеристика комплекса оборудования ПН-1: объем контейнера — 62 л; объем бака — 24,5 л; давление сжатого воздуха — $5 - 10^5$ Па; расход сжатого воздуха — 2,5 $м^3$/мин; мощность привода — 1,06 кВт. Размеры пневмонагнетателя, мм: высота— 1380, ширина — 670, длина — 860; масса пневмонагнетателя — 55 кг.

***Набрызгбетонная крепь*** (покрытие стенок выработки быстротвердеюшей смесью на цементной основе) в последнее время находит все более широкое применение. Она достаточно надежна в работе, позволяет механизировать процесс крепления, что обеспечивает уменьшение сроков сооружения выработки и снижение затрат на проходку.

Набрызгбетонное покрытие наносится на кровлю и стенки выработки с помощью одно- и двухкамерных роторных бетономашин БМ или шнековых бетономашин ТП (табл. 9.4). На базе двухкамерной машины БМ-60 создан комплекс оборудования «Монолит-1», в состав которого входят вагонетки с лобовой разгрузкой (с помощью опрокида), ленточный перегружатель, гидроцистерна и сместитель с соплом.

Производительность комплекса по бетону 2,4 $м^3$/ч, высота в рабочем положении 2,35 м, масса комплекса 4000 кг.

Набрызгбетонную смесь изготавливают из цемента марок 400—500, песка и наполнителя (щебня) крупностью не более 25 мм. Соотношение компонентов смеси обычно 1 : 2 : 2. В качестве ускоряющих твердение добавок в состав смеси вводят тонкомолотый алюминистый спек (2—5 % от массы цемента).