

## Горные выработки

### Основные понятия и классификация горных выработок

Под *горной выработкой* понимают сооружение в недрах Земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ и представляющее собой полость в массиве горных пород.

Горные выработки, пройденные в недрах Земли (имеющие и не имеющие непосредственный выход на ее поверхность), называются *подземными*, а пройденные на поверхности Земли — *открытыми*.

В зависимости от народнохозяйственного значения различают горные выработки разведочные и эксплуатационные.

В зависимости от способа финансирования работ различают *капитальные и некапитальные горные выработки*. **Капитальные выработки** проводятся за счет капитальных вложений, отпущенных на строительство предприятий или разведку месторождения, а **некапитальные** — за счет текущих издержек уже действующего предприятия (рудника, шахты).

При эксплуатации месторождений подземным способом проходят горные выработки: капитальные, подготовительные, нарезные и очистные, проводимые в ту или иную стадию разработки.

По углу наклона к поверхности различают *горизонтальные, наклонные и вертикальные горные выработки*.

В зависимости от соотношения между площадью поперечного сечения и продольным размером горные выработки разделяют на **протяженные** (стволы, шурфы, квершлаг, штреки, траншеи, канавы и т. д.) и **объемные** (камеры и околоствольные дворы).

### Элементы горной выработки.

У горизонтальных и наклонных выработок, пройденных в недрах Земли, выделяют следующие ограничивающие их поверхности: *забой, кровлю, бока и почву*.

Расстояние, на которое перемещается забой выработки за определенный промежуток времени (смену, сутки, месяц), называют **подвижением забоя**.

### Подземные горные выработки

Определения горных выработок: камера, шахтный ствол, шурф гезенк, восстающий, скат, печь, просек, бремсберг, уклон,

К горизонтальным выработкам относят штольню, квершлаг, штрек, орт и рассечку. Эти выработки имеют небольшой уклон в сторону устья, так называемый уклон равного сопротивления. Он обеспечивает одинаковые усилия на крюке электровоза при движении порожнего состава на подъем, а груженого под уклон. Угол равного сопротивления составляет 0,05 радиан (3°). Наличие уклона создает также направленное движение воды от забоя выработки к устью по водоотводной канавке, проложенной в почве выработки.

### Формы поперечного сечения горных выработок

**Факторы, определяющие форму поперечного сечения выработки:** физико-механические свойства горных пород, назначение и срок службы выработки, материал крепи, положение выработки в пространстве, размеры ее поперечного сечения, величина и направление горного давления и др.

В зависимости от указанных факторов горные выработки имеют различные формы поперечного сечения: *сводчатую* (рис. 1,а), *трапецевидную* (рис. 1,б), *прямоугольную* (рис. 1,в), *круглую* (рис. 1,г), *эллиптическую* (рис. 1,д), *полигональную* (рис. 1,е), *несимметричную* (рис. 1,ж,з).

При *бетонной или каменной крепи* форма поперечного сечения выработки может быть *сводчатая, круглая или эллиптическая*, при *металлической* — *любая*, при *сборной железобетонной крепи* выработка может принимать форму поперечного сечения: *прямоугольную, трапецевидную, полигональную или с криволинейным очертанием выработки*.

### Размеры поперечного сечения горных выработок

Размеры поперечного сечения горных выработок определяются максимальными размерами транспортных средств, допустимыми зазорами между габаритом транспортных средств и крепью (стенки) выработки и между транспортными средствами, предусмотренными ПБ.

Различают площади поперечного сечения *в свету, вчерне и в проходке*. *Площадь сечения в свету* определяют по размерам выработки до крепи, за вычетом площадей, занимаемых балластным слоем рельсового пути и трапом пешеходной дорожки. *Площадь сечения вчерне* является проектной площадью с размерами до контура выработки. *Площадь сечения выработки в проходке* определяется после проведения выработки и несколько больше площади сечения вчерне.

Поперечное сечение горных выработок определяется проектом с учетом горно-геологических, горно-технических условий и применяемого оборудования.

*Размеры поперечного сечения выработки в свету определяются расчетом или графически.*

*Вертикальные и наклонные выработки*

*После определения поперечного сечения выработки в свету его проверяют по минимальной и максимальной скорости движения воздуха по выработке.*

## Лекция 2

### Проектирование горных выработок

#### Способы проведения горизонтальных выработок

В зависимости от устойчивости и водоносности пересекаемых пород различают обычные и специальные способы проведения выработок. *Обычные способы проведения* применяют при небольшом притоке воды в устойчивых и пластичных породах, допускающих значительное обнажение забоя и боков выработки, а *специальные способы проведения* — в весьма неустойчивых породах (песках и плывунах), а также в крепких породах при большом притоке воды. В последнем случае выработки проводят с предварительным тампонирующим пород, применением специальных видов крепи или методом замораживания.

Проведение выработок в *крепких породах* осуществляют *буро-взрывным способом*, в *мягких* — с использованием *проходческих комбайнов*. В зависимости от площади поперечного сечения выработок их проводят сплошным или уступным забоем. Сплошным забоем проводят выработки с площадью поперечного сечения не более 12—16 м<sup>2</sup> по однородным породам, уступным — выработки с большей площадью поперечного сечения или по неоднородным породам.

*Технологическая схема проведения горной выработки* — описание и графическое изображение параметров горной выработки и ее крепи, расстановка проходческого оборудования, последовательность и время выполнения проходческих операций, расчетные технико-экономические показатели.

Различают *две основные технологические схемы* организации работ по проведению выработок: *поточную и цикличную*. При поточной схеме происходит непрерывное извлечение горной массы из забоя, в результате совмещения всех производственных процессов — комбайновый способ проходки. При цикличной схеме процесс разрушения породы осуществляется с перерывами, вызванными необходимостью выполнения других работ в определенной последовательности.

### Процессы и операции проходческого цикла

При проведении выработок различают два вида горнопроходческих процессов: основные и вспомогательные.

**Основные процессы** — это такие процессы, которые выполняют в забое проводимой выработки и относят непосредственно к проведению и креплению выработки.

К **вспомогательным процессам** относят процессы, которые обеспечивают нормальные условия для выполнения основных проходческих операций.

При проведении выработок по крепким породам к **основным процессам** относятся *бурение шнуров, их зарядание и взрывание, проветривание забоя, приведение забоя в безопасное состояние, погрузка породы и возведение постоянной крепи*.

**Вспомогательные процессы** при проведении выработок — *наращивание труб сжатого воздуха, вентиляционных и водоподающих труб, устройство рельсовых путей, водоотливных канавок и т. п.*

### Документация на проведение выработки

При проведении горной выработке составляется *проект производства работ*, состоящий из *пояснительной записки и чертежей*.

В проекте отражают *горно-геологические условия, форму и размеры поперечного сечения выработки, технологическая схема проведения, расположение оборудования, схемы электроснабжения, освещения и сигнализации, паспорт БВР, паспорт крепления, схема проветривания, меры по безопасности труда, график организации работ, стоимость проведения 1 п.м. выработки, ТЭП*.

Проект *утверждается главным инженером рудника*, с ним знакомятся горные мастера, проходчики и взрывники ведущие горные работы.

Основной проектной документацией на производство буровзрывных работ является *паспорт или проект БВР*.

**Паспорт БВР** — технологический документ, содержащий основные сведения, необходимые для ведения буровзрывных работ. Он представляет собой инструктивную карту (желательно в виде заранее заготовленного бланка) с указанием: основных характеристик выработки и пород; исходных технологических данных; параметров и показателей БВР; схемы расположения зарядов и монтажа взрывной сети, мер безопасности.

**Проект БВР** — комплект документации и материалов, представляемых в виде расчетов, схем, графиков и пояснительной записки, включающей (помимо вопросов, отражаемых в паспорте БВР) также расчет основных параметров и показателей БВР, расчет взрывной (электровзрывной) сети; мероприятия по организации работ, более детальные требования по мерам безопасности.

При ведении горно-проходческих работ крепление выработок должно производиться своевременно и в соответствии с утвержденными для них **паспортами крепления**, которые составляются начальником участка в соответствии с инструкцией и утверждаются главным инженером. До начала проходки с паспортом крепления должны быть ознакомлены под расписку проходчики и технический надзор. **Паспорт крепления горной выработки** должен определять для выработки способ управления горным давлением, тип и конструкцию крепи, последовательность производства работ по креплению и их объем.

**Проветривание подземной горной выработки** производится в строгом соответствии с **паспортом проветривания**. Этот обязательный документ составляется для проведения всех подземных выработок, исключая шурфы без рассечек, для которых параметры и режим проветривания указываются в паспорте буровзрывных работ.

**Паспорт проветривания содержит** схему вентиляции, изображенную на плане и поперечном разрезе выработки, характеристики выработки, системы вентиляции, вентилятора, вентиляционных труб, а также содержит необходимые дополнительные сведения о средствах и способах проветривания.

### Лекция 3

#### Свойства и классификация горных пород

**Горная порода** – характеризуется группой, так называемых базисных свойств и параметров, в которую входят **плотностные, прочностные, упругие, тепловые, электрические и магнитные свойства**.

К этим свойствам и параметрам относят: *пористость, плотность, пределы прочности при сжатии и растяжении, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, удельную теплопроводность, коэффициент линейного расширения, удельное электрическое сопротивление, относительную диэлектрическую и магнитную проницаемость и др.*

##### **Плотностные свойства горных пород:**

**Пористость** — относительный объем всех пустот в горной породе; выражается отношением объема пустот к объему образца породы в сухом состоянии.

Коэффициент пористости выражается в долях единицы или в процентах.

**Плотность  $\rho$** — масса единицы объема горной породы со всеми содержащимися в ее порах жидкостями и газами ( $\text{г/см}^3$ ;  $\text{т/м}^3$ ):

Удельный вес породы  $\gamma = \rho \cdot g$ , Н

##### **Механические свойства горных пород:**

Наиболее распространенной оценкой прочностных свойств горных пород является **показатель сопротивления пород одноосному сжатию  $\sigma$** , который определяется как частное от деления максимальной разрушающей силы  $P_{\text{max}}$  при одноосном раздавливании образца породы на площадь поперечного сечения образца  $S_0$ :

$$\sigma = P_{\text{max}}/S_0, \text{ Па}$$

где  $P_{\text{max}}$  - максимальная разрушающая сила, Н;

$S_0$  - площадь поперечного сечения образца,  $\text{м}^2$ .

Это условное среднее разрушающее напряжение называют **пределом прочности пород при одноосном сжатии**.

Горные породы характеризуются также **пределом прочности при растяжении ( $\sigma_r$ )**, **пределом прочности сдвигу ( $\tau_{сдв}$ )** и **изгибу ( $\sigma_{изг}$ )**.  $\sigma_r = (0,2-0,12) \sigma_{сж}$

Коэффициент пропорциональности между нормальным напряжением и соответствующей ему упругой деформацией называют **модулем упругости** или **модулем Юнга** (вычисляют по данным лабораторных испытаний пород).

**Коэффициент Пуассона** характеризует пропорциональность относительных упругих продольных и поперечных деформаций.

Коэффициент пропорциональности между касательным напряжением и деформацией называют **модулем сдвига**.

**Пластичность** — свойство породы деформироваться под действием внешних сил, не разрушаясь.

**Хрупкость** — свойство горных пород разрушаться под действием внешних сил без предварительных пластических деформаций.

**Ползучесть горной породы** — медленное нарастание во времени пластических деформаций породы при силовых воздействиях, меньших, чем те, которые могут вызвать остаточную деформацию, при испытаниях обычной длительности.

**Релаксация** — изменение во времени усилий или напряжений деформированного материала, общая деформация которого зафиксирована связями. Явление, обратное ползучести, — постепенное снижение напряжений в породе при постоянной ее деформации — носит название **релаксации напряжений**. Время, в течение которого напряжения в теле убывают в 2,71828 раза, называется периодом релаксации.

**Твердость** — свойство материала оказывать сопротивление при местных контактных воздействиях пластической деформации или хрупкому разрушению в поверхностном слое.

**Контактная прочность горных пород** — нагрузка, при которой происходит хрупкое разрушение породы под штампом. При контакте 1 мм<sup>2</sup> она изменяется в пределах 200—7000 МПа.

**Абразивность горной породы** — способность породы изнашивать контактирующие с ней поверхности горных машин или горного оборудования в процессе их работы.

**Влажность горной породы** - характеризует содержание воды в ней и измеряется отношением массы воды в образце к массе скелета. Коэффициент влажности — отношение объема воды к объему пор.

#### Акустические свойства горных пород

**Динамическими характеристиками горных пород** являются **скорости распространения в них продольных и поперечных волн**. Они определяются экспериментально или по формулам теории упругости.

**Физико-механические свойства горных пород** являются главными факторами, определяющими выбор оборудования и технологию проходки. К наиболее существенным из этих свойств относят **крепость, буримость, взрываемость и устойчивость**.

Горные породы по **сопротивляемости разрушению** от воздействия внешних сил классифицируют по **относительной крепости, удельной работе разрушения, буримости и взрываемости**.

**Крепость** — комплексная характеристика горных пород, характеризующая их сопротивляемость разрушению и зависящая от таких свойств как твердость, вязкость,

трещиноватость и от наличия прослоек и включений. Понятие крепости введено проф. М. М. Протодяконовым, который предложил для ее количественной оценки использовать коэффициент крепости  $f$ . В первом приближении величина  $f$  обратно пропорциональна пределу прочности породы при сжатии **Бсж**.

**Классификация горных пород по крепости** - разработана М. М. Протодяконовым в 1926 г. Согласно этой классификации все горные породы разбиты на 10 категорий. К первой категории отнесены породы наивысшей крепости ( $f = 20$  и в последнее время до 30), к десятой – наиболее слабые плавучие породы ( $f = 0,3$ ).

**Трещиноватость** - совокупность трещин разных размеров и различного происхождения, нарушающих сплошность массива горных пород. Она характеризуется размерами трещин, частотой их расположения и ориентации. Трещиноватость горных пород оказывает существенное влияние на выбор параметров буровзрывных работ, способов крепления и конструкций крепи.

**Взрываемость** – это сопротивляемость породы разрушению взрывом. Взрываемость определяется количеством эталонного взрывчатого вещества, необходимого для разрушения породы объемом  $1 \text{ м}^3$  (показатель удельного расхода ВВ). Для определения удельного расхода ВВ ( $\text{кг/м}^3$ ) применительно к конкретным породам используют различные классификации пород по взрываемости, например **Единую классификацию пород по буримости и взрываемости проф. А. Ф. Суханова**.

**Буримость** горной породы характеризует ее способность сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента и интенсивность образования в породе шпура или скважины под действием усилий, возникающих при бурении. Буримость породы характеризуют скоростью бурения ( $\text{мм/мин}$ ), реже – продолжительностью бурения 1 м шпура ( $\text{мин/м}$ ).

**Буримость** – это сопротивляемость породы разрушающему действию инструмента в процессе бурения. Основным критерий для отнесения пород к той или иной категории по буримости – машинное время бурения 1 м шпура в стандартных условиях. В этой классификации породы разбиты на 20 категорий, а по буримости классифицированы только в пределах IV–XX категорий (табл.).

**Устойчивость горных пород** – это их способность сохранять равновесие при обнажении. Устойчивость горных пород зависит от их структуры и физико-механических свойств, величины возникающих в породном массиве напряжений. Устойчивость пород является одним из основных признаков для выбора систем подземной разработки, определения ее параметров и способов крепления горных выработок.

#### Лекция 4

### Горное давление

#### Понятие о горном давлении и напряженном состоянии массива

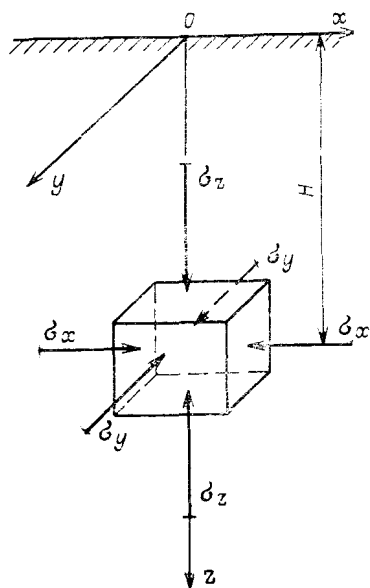
Горный массив до проведения в нем выработок находится в **нетронутом равновесии**: гравитационные и тектонические напряжения уравниваются друг другом и сопротивлением горных пород (прочностью) на всестороннее сжатие, составляя тензор напряжений нетронутого массива. **Напряженное состояние** вызывается **гравитационными силами** (силами тяжести горных пород). На эти напряжения могут быть

наложены напряжения, вызванные **тектоническими силами**, природа которых еще недостаточно изучена, а также **напряжения от температурных градиентов**. Последние напряжения проявляются только на очень больших глубинах. При отсутствии тектонических сил и температурных градиентов напряжения от собственного веса пород пропорциональны глубине.

**Горное давление** - это силы, возникающие в массиве горных пород, окружающих горную выработку. В массиве, где нет горных выработок и естественных пустот, вместо термина «горное давление» используют термин «напряженное состояние».

**Массив горных пород** в связи с наличием **трещиноватости рассматривается как состоящий из отдельных структурных блоков**, имеющих или не имеющих между собой сцепления. При оценке прочности и устойчивости массива принимается во внимание средний и минимальный размеры структурных блоков. Наличие трещиноватости (блочности) не оказывает существенного влияния на характер распределения поля напряжений, если в массиве отсутствуют крупные тектонические трещины или карстовые полости.

**Если действующие напряжения не превышают предела прочности массива пород** на рассматриваемой глубине, то **оценка напряженного состояния массива** может быть сделана как для массива **однородного (или квазиоднородного) и упругого**.



При отсутствии тектонических сил напряженное состояние однородного упругого массива считается известным, если известны величина и направление главных напряжений, вызванных гравитационными силами. В массиве, не имеющем пустот, тектонических трещин и выработок, **максимальная величина главных напряжений**, действующих в **вертикальном направлении** на горизонтальную площадку (рис. 1)

$$\sigma_z = \gamma H$$

где  $\gamma$  — удельный вес горных пород, Н/м<sup>3</sup>;

$H$  — рассматриваемая глубина от поверхности, м.

Для районов, подверженных, движениям земной коры, и для зон тектонических нарушений при отсутствии экспериментальных данных вместо  $H$  - принимается расчетная глубина  $H_p = 1,5 H$  (по СНИП II-94—80).

**Напряжения**, действующие в **горизонтальном направлении** на вертикальные площадки, являются **производными от  $\sigma_z$**  и определяются **упругими деформационными свойствами пород** на рассматриваемой глубине:

$$\sigma_x = \sigma_y = \lambda_1 \sigma_z,$$

где  $\lambda_1 = \mu(1 - \mu)$  — коэффициент бокового распора (или горизонтального распора),

$\mu$  — коэффициент Пуассона.

**Массив горных пород**, **лишенный сил сцепления** между отдельными структурными блоками рассматривают как **сыпучий** (если размер области в 3—4 раза больше максимального размера структурного блока). К такому массиву применимы законы механики сыпучей среды.

Напряженное состояние массива как сыпучей среды определяется по формулам:  
 $\sigma_z = \gamma H$ ;  $\sigma_x = \sigma_y = \lambda_2 \sigma_z$ .

$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,5 \varphi)$ —коэффициент горизонтального распора для сыпучей среды;  
 $\varphi$  — угол внутреннего трения сыпучего массива.

Характер распределения напряжений вокруг выработки зависит от ее формы и соотношения размеров поперечного сечения. **В кровле и почве выработок при боковом распоре**, меньшем единицы, возникают **растягивающие усилия**

$$\delta_{\min} = k_1 \frac{\mu}{1 - \mu} \gamma H$$

где  $k_1$  — коэффициент концентрации растягивающих напряжений;

$\mu=0,1 \dots 0,4$ — коэффициент Пуассона;

$\gamma$ —плотность пород, т/м<sup>3</sup>;

$H$  — глубина от поверхности до выработки, м.

По мере удаления от контура выработки в глубь массива эти напряжения снижаются до нуля, а затем переходят в сжимающие и приближаются к первоначальной величине

**В боках выработки** наблюдается значительное **увеличение сжимающих напряжений**:

$$\delta_{\max} = k_2 \gamma H$$

где  $k_2$  — коэффициент концентрации сжимающих напряжений.

**Областью влияния горной выработки** является **часть породного массива**, в пределах которого **происходят сдвижение, деформации и разрушение пород**. Часть области **влияния горной выработки, примыкающую** непосредственно к ее **контур**у, в пределах которой напряжения выше, чем в нетронутом массиве, называют **зоной опорного давления**.

### Методы определения величины горного давления

**Управление горным давлением** - это совокупность мероприятий по искусственному изменению напряженного состояния горного массива вблизи выработок. На горное давление, прежде всего, оказывают влияние: скорость проходки, обычная или падающая отбойка, жёсткая или податливая крепь, прямоугольная или сводчатая кровля выработок.

**Проявления горного давления**: а) деформации горных выработок; б) сдвижения и обрушения горных пород; в) трещинообразование; г) шелушение, стреляние пород; д) горный удар.

**Горный удар** - это хрупкое разрушение части горного массива со взрывным выбросом пород в выработки. Горный удар возможен лишь в хрупких породах при превышении скорости нарастания горного давления над скоростью релаксации напряжений в породах. Известна способность материалов компенсировать и поглощать внешнее напряжение за счёт структурных изменений в кристаллической решетке («уход из-под нагрузки»). **Изменение со временем внутреннего напряжения деформированного материала** (без изменения деформаций) называется **релаксацией**. Горные удары возможны на глубинах более 600-800 м от земной поверхности в хрупких породах.

**По гипотезе проф. М.М. Протодьяконова** этот свод описывается уравнением параболы, а его высота равна отношению полупериметра выработки к коэффициенту крепости пород

$$b=a/f,$$

где  $a$  — полупролет выработки по кровле, м;

$f$  — коэф. крепости породы по проф. Н.М. Протодьяконову.

Нагрузка на крепь выработки

$$P_n = \frac{4a^2}{3f} \gamma$$

**П. М. Цимбаревич** считает, что предложенной *формулой можно пользоваться* при определении давления на крепь выработок, пройденных *в породах с коэффициентом крепости  $f \geq 5$* . Если выработка пройдена *в неустойчивых породах ( $f \leq 4$ )*, боковые породы не способны стоять вертикальной стенкой и деформируются. Вследствие этого образуются *треугольные призмы, сползающие под углом  $\frac{90^\circ + \varphi}{2}$* , где  $\varphi$  — угол внутреннего трения горных пород.

### Расчет устойчивости пород и выбор типа крепи СНиП II-94-80 ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

#### Горизонтальные и наклонные горные выработки

Выбор типа и расчет параметров крепи горизонтальной и наклонной выработок следует производить в зависимости от категории устойчивости пород с учетом степени воздействия очистных работ и других выработок. В качестве *критерия определения категорий устойчивости пород* следует принимать *величину их смещений  $U$  на контуре поперечного сечения выработки за весь срок ее службы без крепи* в соответствии с табл.1.

Таблица 1

| Категория устойчивости пород | Оценка состояния устойчивости пород | Смещения $U$ , мм                                                            |                                                        |                                                           |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                              |                                     | осадочные породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, уголь и др.) | изверженные породы (граниты, диориты, порфириды и др.) | соляные породы (каменная соль, сильвинит, карналит и др.) |
| I                            | Устойчивое                          | До 50                                                                        | До 20                                                  | До 200                                                    |
| II                           | Среднеустойчивое                    | Свыше 50 до 200                                                              | Свыше 20 до 100                                        | Свыше 200 до 300                                          |
| III                          | очень неустойчивое                  | Свыше 200 до 500                                                             | Свыше 100 до 200                                       | Свыше 300 до 500                                          |
| IV                           | Сильно неустойчивое                 | Свыше 500                                                                    | Свыше 200                                              | Свыше 500                                                 |

Отнесение выработки к той или иной категории устойчивости необходимо производить по абсолютной величине максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения, которые определяются дифференцированно в кровле, почве и боках выработки.

*Допускается оценку устойчивости пород в горизонтальных и наклонных выработках и выбор крепи производить по величине безразмерного показателя  $k_k$ , определяемого по формуле*

$$k_k = \frac{\gamma H_p}{R_c},$$

где  $H_p$  - расчетная глубина размещения выработки, м;

$R_c$  - расчетное сопротивление пород сжатию, кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$\gamma$  - удельный вес породы, кН/м<sup>3</sup>.

#### Вертикальные горные выработки

*Выбор типа и расчет параметров крепи вертикального шахтного ствола следует производить дифференцированно для устья, протяженной части, участков*

**сопряжений** в зависимости от инженерно-геологических, гидрогеологических условий, вредных воздействий, а также с учетом схем организации и методов производства работ.

**Выбор типа и расчет параметров крепи для протяженной части ствола**, а также участков сопряжения следует производить на основании определения категорий устойчивости пород вертикальных выработок согласно табл. 4.

Таблица 4

| Категория устойчивости пород | Оценка состояния устойчивости пород | Критерий устойчивости пород вертикальной выработки $C$ |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| I                            | Устойчивое                          | До 3                                                   |
| II                           | Среднеустойчивое                    | От 3 до 6                                              |
| III                          | Неустойчивое                        | От 6 до 10                                             |
| IV                           | Очень неустойчивое                  | Более 10                                               |

Примечание. При  $R_c \leq 2$  МПа породы относятся к IV категории устойчивости.

## Лекция 5

### Крепление горных выработок

Большинство эксплуатационных горных **выработок проходится с креплением**. **Стоимость работ по креплению достигает 30%** и более от всех затрат на проведение выработок. Материал и конструкции крепи полностью определяются паспортом крепления выработки.

**Горная крепь (рудничная, шахтная)** — искусственные сооружения, возводимые в выработках для предотвращения обрушения окружающих пород и сохранения необходимых площадей сечения, а также для управления горным давлением.

**Паспорт крепления горной выработки** должен определять для выработки способ управления горным давлением, тип и конструкцию крепи, последовательность производства работ по креплению и их объем.

#### Классификация крепей:

По сроку службы различают **временные и постоянные крепи**. Временные крепи возводятся, как правило, в призабойной зоне до возведения постоянной крепи в породах, склонных к вывалам.

Крепи подготовительных и капитальных горных выработок по конструктивным и технологическим признакам разделяют **на рамную, сплошную и анкерную**.

По периметру выработки рамные и сплошные крепи могут быть — **замкнутым и незамкнутым контуром**.

**Сплошные крепи** делятся на 2 типа: **монолитные и сборные**.

**Анкерные крепи** подразделяются на 2 подкласса: **с закреплением анкеров в донной части скважины** (с распорным замковым устройством) и **с закреплением анкеров по всей длине скважины**.

По характеру деформируемости под действием горного давления крепь может **быть жесткой, податливой или шарнирной**. Жесткая крепь не имеет податливых или шарнирных узлов. Примером жесткой крепи могут служить бетонные и железобетонные крепи.

По деформационно-силовой характеристике крепи бывают **жесткие** (смещения до 50 мм), **малоподатливые** (до 100 мм), **податливые** (до 300 мм) и **весьма податливые** (более 300 мм).

Кроме того, каждый из этих подклассов, а также и классы анкерной крепи в зависимости от применяемого для их изготовления материала разделяются на подгруппы: **металлические, деревянные, бетонные, железобетонные, из полимерных материалов, смешанные.**

По характеру работы крепи бывают **ограждающие, изолирующие и несущие.** **Ограждающие крепи** предназначены для защиты людей и оборудования от случайных местных вывалов кусков породы. Они часто используются в качестве временных передвижных. **Изолирующие крепи** предназначены для защиты обнажений пород в выработках от выветривания, переувлажнения, вымывания, растрескивания, иногда теплоизоляции, а также сглаживания неровностей. Они выполняются обычно в виде покрытий из торкрет- и набрызгбетона, полимерных материалов и т. п. **Несущие крепи** имеют основное назначение воспринимать нагрузки от горного давления.

По структуре конструкции крепи бывают **однослойные** и **многослойные.**

По способам возведения крепи бывают **обычные и специальные** (забивная, задавливаемая, погружная, опускная, предварительно обжатая и т. п.).

По возможности перемещения крепи бывают **стационарные и передвижные.**

### Виды и типы крепи горных выработок

Под **крепежной рамой** понимают конструкцию горной крепи, изготовленной из дерева, металла или железобетона, прямоугольной, трапецевидной, арочной, круглой или иной формы.

В отличие от рамной **сплошная крепь** полностью перекрывает кровлю и бока выработки, а иногда и почву. Выполняется такая крепь из монолитного бетона или сборного железобетона. К сплошной также относят и рамную крепь, если крепежные рамы установлены вплотную одна к другой.

В настоящее время в горных выработках применяют **деревянную крепь, металлическую, монолитную бетонную, набрызг-бетонную, анкерную и комбинированную крепь.**

**Крепежные материалы делятся:**

- по использованию в конструкции крепи — **на основные**, применяемые в несущих конструкциях крепей (**металл, бетон, дерево, пластмассы и др.**), **вяжущие**, служащие для приготовления растворов, и **вспомогательные** (водоизоляционные материалы, химические реагенты и др.);
- по сроку службы в выработках — **на долговечные** (бетон, металл и др.) и **недолговечные** (дерево);
- по характеру деформации под нагрузкой — **на хрупкие** (бетон, камни и др.) и **упруго-пластические** (металл).

Крепежные материалы выбирают в зависимости от конструкции крепи, срока службы и назначения выработок, величины горного давления и экономических факторов.

Лекция 6

### Расчет крепи горных выработок

#### Расчет нагрузки на крепь по СНиП II-94-80

Расчетная нагрузка на все виды крепи, за исключением рамных податливых, определяется дифференцировано в кровле и почве (в вертикальном направлении), в боках (в горизонтальном направлении), а при угле падения пород  $\alpha$  от 20 до 50° и по нормали к напластованию по формуле

$$P = k_{\Pi} k_{\Pi} m_{\Pi} P^{\Pi},$$

где  $P^{\Pi}$  - нормативная нагрузки на крепь, определяемая с учетом величины смещения  $U$ , кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$k_{\Pi}$  - коэффициент перегрузки, принимаемый по табл. 1;

$k_{\Pi}$  - коэффициент, принимаемый для главных вскрывающих выработок равным - 1,1; для остальных -1;

$m_{\Pi}$  - коэффициент условий проведения выработок, принимаемый равным 1 при буровзрывном способе, а при комбайновом способе проведения выработок принимаемый по табл.2

*Методики расчета деревянной крепи, металлической крепи, бетонной крепи, набрызг-бетонной крепи, анкерной крепи приведены в методиках к практическим занятиям.*

## Лекция 7

### Возведение крепи

#### Средства механизации крепежных работ

##### *Классификация средства механизации крепежных работ:*

- *средства механизации возведения рамных крепей* — машины, механизмы и приспособления, механизующие установку отдельных элементов рамных крепей, а также машины, производящие доставку и разгрузку элементов крепи, забутовку пространства между выработкой и крепью;
- *крепеукладчики* — машины и механизмы, производящие операции по возведению крепей из бетонов, мелких и крупных блоков и тюбингов;
- *средства механизации возведения монолитных крепей* — механизированные опалубки, бетономешалки, бетононасосы, приготовляющие и укладывающие бетон за опалубку, торкрет-пушки и машины для безопалубочного бетонирования, а также различные агрегаты, производящие весь комплекс работ по возведению монолитной крепи;
- *средства механизации возведения анкерных крепей* — механизмы для бурения шпуров и установки анкеров, а также приборы и устройства для контроля за качеством установки анкерных крепей и их работы в процессе эксплуатации.

#### Оборудование для установки рамных и сборных сплошных крепей

К простейшим устройствам для возведения крепи относятся *крепеподемники ППР-1а, ПТК-1 и монтажная стрела.*

Для возведения рамных крепей используются *крепеустановщики*. По способу перемещения и месторасположению в призабойной зоне различают три типа крепеустановщиков — *колесно-рельсовые, подвесные монорельсовые и монтируемые на проходческих - комбайнах.*

*Из колесно-рельсовых крпеустановщиков* распространение получили универсальная машина «Штрек», тьюбингоукладчики ТУ2Р, ТУ3, кран шахтный К1000М и др.

### **Оборудование для возведения монолитной бетонной и набрызгбетонной крепи**

Для механизации укладки бетонной смеси при креплении выработок монолитными бетонной и железобетонной крепями применяют *бетононасосы, пневмопитатели, бетономшины в комплексе с различными доставочными и загрузочными устройствами*, а также универсальными *сборными и передвижными опалубками*.

Технико-экономические показатели применения этого вида крепи в значительной степени зависят от принятой схемы организации работ, в которой определяющими моментами являются способ приготовления и транспортирования тонной смеси.

*Для возведения набрызгбетонной крепи и укладки бетона за опалубку* применяют также машины *БМ86* и др. В последние годы в практике крепления подземных выработок набрызгбетоном используются *Бетононасос БН-1*.

*По конструктивному исполнению* машины для возведения набрызгбетонной крепи делятся: *камерные, роторные и шнековые*.

Для возведения монолитной бетонной и железобетонной крепи применяют *металлические и деревянные опалубки*. Деревянные опалубки устраивают вручную из лежней, стоек со связями и досок толщиной 35—50 мм. Они довольно трудоемки в сборке и раз-борке после затвердения бетона, поэтому применяются обычно при креплении выработок небольшой длины — камер, ходков в камеры, сопряжений выработок и др.

*Металлические опалубки* разделяются на разборно-переставные и передвижные. Разборно-переставные опалубки применяют в выработках небольшой длины с переменным поперечным сечением. Эти опалубки состоят из кружал и опалубочных щитов. Достоинство разборно-переставных опалубок: возможность многократного их использования; недостатки — значительная трудоемкость монтажа и демонтажа и ограниченная область применения по площади сечения выработок.

При проведении выработок в относительно устойчивых породах с коэффициентом крепости более 4—5 применяют нанесение на их стенки без опалубки нескольких слоев бетона толщиной по 4—7 см методом набрызга.

*Торкретирование* выработки производится *цементно-песчаной смесью без щебня или гравия*.

*Набрызг-бетон состоит из смеси цемента марки не ниже 400, гравия или щебня крупностью до 20—25 мм, песка, ускорителя твердения и воды*. Наносимый на поверхность пород специальными машинами набрызг-бетон в зависимости от условий применения может служить самостоятельной крепью, предохранительной отделкой или применяться в комбинации с анкерной крепью, металлическими сетками и металлической крепью. Применение набрызг-бетона для безопалубного крепления позволяет снизить стоимость сооружения горных выработок на 18—25% и повысить производительность труда на 40%.

#### **Мокрый метод торкретирования**

Для набрызга мокрого торкрет-бетона обычно применяется гидравлическая подача с помощью поршневых насосов. Кроме этого, для набрызга мокрых торкрет-смесей может применяться и пневматическая подача с помощью соответствующих роторных насосов.

При гидравлической подаче торкрет-смесей чаще всего применяются двухпоршневые насосы. Готовая мокрая смесь подаётся в приёмный бункер насоса и перекачивается по трубам и шлангам к торкрет-форсунке.

С помощью компрессора сжатый воздух подаётся по отдельным шлангам к форсунке. С помощью дозирующего насоса добавка (ускоритель твердения) также подаётся по отдельным шлангам к форсунке. Объём подачи добавки синхронизован с объёмом подачи бетона, благодаря чему постоянно обеспечивается заданное соотношение количества подмешиваемой добавки и объёма подаваемого бетона.

Для пневматической подачи мокрого торкрет-бетона используются специально разработанные роторные насосы.

### ***Сухой метод торкретирования***

При использовании сухого метода торкретирования сухие торкрет-смеси подаются сжатым воздухом (пневматическая подача). Наиболее часто подача сухих торкрет-смесей ведётся с помощью роторных насосов. Через приёмный бункер смесь попадает в камеры ротора, имеющего револьверную конструкцию. Из камеры сухая смесь выдувается сжатым воздухом и с высокой скоростью транспортируется по шлангам или трубам к форсунке.

Дозирующий насос подаёт добавку ускоряющую твердение по отдельным шлангам к форсунке. Объём подачи дозирующего насоса синхронизован с количеством подаваемой торкрет-смеси, таким образом, обеспечивается постоянная подача заданного количества добавки. Вместо добавки при сухом методе торкретирования могут использоваться специальные торкрет-смеси, которые быстро твердеют при смешивании с водой.

## **Оборудование для возведения анкерной крепи**

Наибольшее распространение для поддержания выработанного пространства в открытых камерах и выработках получило ***анкерное крепление***. При неустойчивой маломощной непосредственной кровле камер его применение является обязательным, причем отставание крепления от забоя не должно превышать 5—7 м.

***Крепление кровли анкерами*** включает в себя ***бурение восстающих шпуров и установку анкерных болтов***. Установка анкерной крепи производится с соблюдением общих для всех видов крепи правил и мер предосторожности. В зависимости от размеров выработок и способов крепления кровли созданы различные типы приспособлений, машин, устройств и приборов для механизации возведения штанговой крепи.

Для установки анкерных болтов в ***выработках высотой до 5 м*** используются ***переносной комплект аппаратуры в комплексе да специальными полками***. В ***выработках большей высоты*** применяются ***полки, смонтированные на самоходных шасси***.

***Бурение шпуров под анкерные болты*** производят ***телескопными перфораторами с почвы выработки или с использованием передвижных тележек***.

***Бурение шпуров в выработках высотой более 5 м*** производят с использованием ***самоходных машин***. Установка ***металлических распорных анкеров*** выполняется ***вручную***. После закрепления анкеров производится их ***натяжение***. Для ***распорных анкеров*** эта операция выполняется ***сразу после установки***, а для анкеров с закреплением вяжущими в зависимости от длительности твердения закрепляющих составов. ***Натяжение анкеров с химическим закреплением*** производится ***через 1,5 ч, с***

закреплением *патронированными цементными смесями* — через 3 ч, а с использованием *песчано-цементного раствора* на основе быстротвердеющего цемента через 24 ч после их установки.

*Контроль за натяжением анкеров* производится с помощью *динамометрических ключей М-40, КД-1 или шайб Гровера размером 27 X 10 X 10*. При нормальном натяжении анкеров шайба должна быть сжата.

Установка для крепления анкерами Bolttec 235H-DCS предназначена для крепления горных выработок анкерами длиной 1,5-2,4 м при высоте выработок < 8 м.

Установка для крепления анкерами Bolttec LC предназначена для крепления горных выработок анкерами длиной 1,5-6,0 м при высоте выработок < 12 м.

Установка для крепления анкерами Robolt 5-126 предназначена для крепления горных выработок анкерами длиной 1,5—3,0 м при высоте выработок < 6,7 м.

Под действием горного давления породы со временем растрескиваются, ранее скрытые трещины распространяются вглубь. Поэтому для *придания породам кровли монолитности* и предотвращения их от интенсивного разрушения после закрепления анкерами *применяют набрызгбетон*, а при *слабой кровле используют анкерные болты с сеткой и последующим торкретированием*.

## Лекция 8

### Способы разрушения горных пород

Проведение выработок в *крепких породах* осуществляют *буро-взрывным способом*, в *мягких* — *механическим* с использованием *проходческих комбайнов*.

#### Механическая отбойка

- *это отделение породы от массива различными режущими инструментами установленными на горных комбайнах*, применяется при проходке и добыче угля, калийных, марганцевых руд с крепостью до  $f = 6-8$ .

*Проходческие комбайны* предназначены для *механизированного проведения подготовительных выработок угольных шахт, рудников*, а также тоннелей при строительстве подземных сооружений. Использование комбайнов *позволяет совместить во времени основные*, наиболее тяжелые и трудоемкие *операции* (разрушение забоя и последующую уборку горной массы), что дает возможность *повысить в 2...2,5 раза темпы проведения выработок и производительность труда, снизить стоимость проходческих работ* и значительно облегчить и обезопасить труд проходчиков. Вместе с тем при комбайновом способе проведения существенно повышается устойчивость горных выработок, так как связанность пород в массиве нарушается в меньшей степени, чем при буровзрывных работах, что снижает расходы на поддержание выработок.

*Комбайновый способ* проведения выработок *наиболее прогрессивен*, так как совмещает во времени основные операции и проведение выработки протекает как непрерывный процесс. Существующие проходческие *комбайны механизмируют процессы разрушения забоя и погрузки отбитой горной массы на перегружатели*, устанавливаемые за комбайном, и, далее, в общешахтные транспортные средства. Все проходческие комбайны оснащены средствами пылеподавления.

*Проходческие комбайны* классифицируют по следующим основным признакам:

- способу обработки забоя исполнительным органом — *избирательного* (циклического) действия с последовательной обработкой забоя и *бурового (непрерывного) действия* с одновременной обработкой всей поверхности забоя;
- крепости разрушаемого горного массива — для работы по углю и слабой руде с прослойками и присечками слабых пород с  $f \leq 4$ , по породам средней крепости с  $f = 4 \dots 8$  и по крепким породам с  $f > 8$ .

*Прходческие комбайны с избирательными исполнительными органами* находят преимущественное применение при *проведении выработок по породам с  $f \leq 8$* , при необходимости *изменения в широком диапазоне размеров и формы* сечений выработок и при раздельной выемке горного массива.

*Буровые проходческие комбайны непрерывного действия* по сравнению с комбайнами избирательного действия применяют при проведении *круглых или арочных выработок одного сечения в породах различной крепости*.

*Основным показателем работы* проходческого комбайна является *техническая производительность*, обычно выражаемая в т/с (т/мин) или м<sup>3</sup>/с (м<sup>3</sup>/мин) и учитывающая специфику работы того или иного типа комбайна. Важный показатель—коэффициент использования проходческих комбайнов избирательного действия обычно составляет около 0,25—0,3.

*Эксплуатационная производительность комбайна* (т/смену) сдерживается остановками комбайна, связанными с выполнением большого и сложного комплекса работ по креплению, зачистке забоя, обмену вагонеток и т. д., а также в связи с изменениями скорости подачи, вызванных неравномерностью отбойки горной массы или породы и их доставки, изменениями геологического характера забоя и организационными неполадками.

### **Буро-взрывной способ отбойки**

*Более 90% всего объёма проходки выработок* приходится на породы крепостью *более XII категории  $f > 6$*  (классификация по буримости ЦБНПТ), которые отбиваются шпуровыми зарядами. Разрушение горных пород с помощью буровзрывных работ будет доминирующим еще долгие годы.

*Буровзрывные работы при проведении* горизонтальных и наклонных *выработок* включают: *бурение комплекта шпуров, зарядание и взрывание*.

При крепости пород (по М.М.Протождяконову)  $f < 8$  обычно выбирают вращательное бурение, при крепости  $f = 8-12$  - вращательно-ударное бурение, при  $f > 12$  - ударно-поворотное бурение.

### **Машины и механизмы для бурения шпуров**

*Бурение шпуров занимает 20-40% общей продолжительности и трудоемкости* проходческого цикла и *производится ручными и колонковыми электросверлами, переносными перфораторами на пневмоподдержках или распорных колонках (УПБ, ЛКР-ГУ) и бурильными установками УБШ*.

*Машины вращательного бурения* подразделяются на *ручные и колонковые сверла*, применяемые в основном для бурения шпуров по углю и породам ниже средней и средней крепости. *Ручные горные сверла* предназначены для бурения шпуров диаметром до 50 мм по углям всех категорий крепости и слабым породам ( $f < 3$ ). Современные

горные сверла по *способу подачи бурового инструмента* на забой подразделяют на *сверла с ручной и механической подачей; по роду потребляемой энергии — на электрические, пневматические и гидравлические и по типу управления — с непосредственным и дистанционным управлением.*

**Колонковые сверла и бурильные головки** предназначены для бурения шпуров (диаметром до 50 мм) в породах средней и выше средней крепости ( $f$  до 8) и крепких углях. В связи с этим они выполняются более мощными, чем ручные, имеют значительно большую массу и усилие подачи, и для бурения всегда устанавливаются на специальных распорных колонках или манипуляторах.

**Машины вращательного бурения** с большим ходом подачи бурового инструмента (2-3 м) основаны на применении **бурильных головок**, которые являются мощными приводами для вращения бурового инструмента и, следовательно, могут использоваться для бурения только *в комплекте с податчиками*, устанавливаемыми на поддерживающих приспособлениях. В качестве поддерживающих приспособлений для тяжелых бурильных машин с податчиками наиболее часто используют **манипуляторы**, устанавливаемые на специальных буровых тележках, погрузочных или других горных машинах. Разделение приводов вращателя и податчика дает возможность обеспечить независимость их работы и получить на буровом инструменте большие крутящие моменты и осевые усилия.

**Рабочий инструмент ручных и колонковых сверл** состоит из *витых или сплошных буровых штанг и резцов.*

К машинам **ударно-поворотного действия** относятся **пневматические переносные** и **телескопные** бурильные молотки, именуемые перфораторами. Поворот буровой штанги в них производится за счет энергии движущего поршня-ударника. Они предназначены для бурения **шпуров** диаметром **30-55 мм**, глубиной **до 5 м**, а также **скважин** диаметром **40-85 мм** и глубиной **до 20 м** в породах **крепостью 6-20** по шкале М.М. Протоdjяконова.

**Колонковые перфораторы** относятся к машинам **ударно-вращательного действия**. В этих машинах непрерывное вращение буровой штанги обеспечено от отдельного двигателя.

**Телескопные перфораторы** предназначены для бурения **восстающих шпуров и скважин** (с отклонением от вертикали до 45°) в породах **любой крепости** на очистных и проходческих работах. Для проходки восстающих выработок телескопными перфораторами используют проходческие комплексы типа КПВ или КПРС.

Наиболее прогрессивным является применение **гидроперфораторов**, которые позволяют *выбирать оптимальный режим бурения, регулируя энергию и частоту удара, усилие подачи*. По сравнению с переносными перфораторами они обеспечивают снижение удельных затрат энергии в 3-5 раз, увеличение скорости бурения в 1,5-2 раза.

**Гидравлические перфораторы** включают в себя **ударный и поворотный механизмы, органы управления и источники питания**. В отличие от ударно-поворотного механизма пневматических перфораторов гидравлические перфораторы имеют, как правило, независимое вращение бура с помощью автономно встроенного вращателя.

**Гидравлические перфораторы** по способу установки и поддержанию при работе подразделяются на **переносные и колонковые**. Переносные гидравлические перфораторы

предназначены для бурения горизонтальных шпуров с пневмоподдержки и нисходящих шпуров с рук. Переносные гидравлические перфораторы могут иметь независимое вращение буровой штанги (от специального вращателя) или зависимое (с помощью винтового храпового механизма, сблокированного с поршнем-ударником).

**Колонковые гидравлические перфораторы** (гидравлические бурильные головки) предназначены для бурения шпуров и скважин с податчиков и манипуляторов, установленных на каретках.

**Шахтные бурильные установки** предназначены для бурения шпуров в породах различной крепости при проведении горных выработок, строительстве тоннелей, а также при ведении очистных работ в рудниках. Шпуры бурят вдоль оси выработки, в кровлю, бока и почву выработки. Бурильные установки полностью механизмируют процесс бурения, улучшают санитарно-гигиенические условия работы и частично механизмируют процессы зарядания шпуров и крепления, выработки.

**Бурильные установки** разделяют на **фронтальные** и **радиально-фронтальные**. Фронтальными установками шпуры бурятся только вдоль оси выработки, радиально-фронтальными — вдоль оси выработки и перпендикулярно к ней.

По **типу бурильных головок** бурильные установки подразделяют на оборудованные бурильными головками **вращательного** ( $f < 8$ ), **вращательно-ударного** ( $f = 8-14$ ) и **ударно-вращательного** ( $f = 12-20$  и более) действия.

Бурильные установки подразделяют по **роду потребляемой энергии** - на **пневматические, электрические** и **комбинированные**; по типу **ходовой части** - **пневмошинные, колесно-рельсовые** и **гусеничные**, а также по числу бурильных головок - 1-3.

В настоящее время выпускается большое разнообразие конструктивного исполнения самоходного бурового оборудования. В целях его унификации ГОСТ 20785-83 предусмотрен выпуск **шести типоразмеров установок типа УБШ** (Установка бурильная шахтная). Первая цифра после букв - означает размерную группу машин, последующие цифры - означают порядковый номер модификации конструкции.

### Буровой инструмент

При **ударно-поворотном способе бурения** в **монолитных породах** применяют **долотчатые коронки КДШ и КДП**, в **трещиноватых - крестовые (ККП и ККШ) или трехперые (КТП, КТШ)** диаметром от 32 до 43 мм, армированные твердым сплавом ВК-8 и ВК-15. **Буровые штанги изготавливают из шестигранной стали** марок 55С2 и 30ХТСФА, условным **диаметром 19,22,25 и 28 мм**.

**Диаметр бурового инструмента:** 32, 36, 40, 43, 46, 52, 56, 60, 65 мм. **Длина буровой штанги от 0.7 до 4.3 м**, обычная длина - 1.5, 1.8, 2.0, 2.2 м. Коронки диаметром до 43 мм должны применяться с перфораторами с энергией удара не более 63,74 Дж, диаметром от 43 до 65 мм - не более 88,26 Дж, диаметром свыше 65 мм не более 147,1 Дж.

### Средства зарядания и инициирования зарядов ВВ

**Эффективность буровзрывных работ** зависит от **выбора бурильной установки, марки взрывчатого вещества и способа взрывания, порядка инициирования шпурового заряда, диаметра шпура и конструкции заряда ВВ**.

Все **промышленные взрывчатые материалы** (взрывчатые вещества, средства инициирования и прострелочно-взрывная аппаратура) **по степени опасности** при

обращении с ними (хранение, перевозка, доставка на места работ, использование и т.п.) относятся *к классу I* и разделяются на группы (таблица 1) и подклассы (таблица 2).

Взрывание шпуровых зарядов при проведении горных выработок разрешено Росгортехнадзором РФ *тремя способами взрывания: электроогневым, электрическим и при помощи систем неэлектрического инициирования (Нонель, СИНВ).*

*Порядок инициирования зарядов прямой* - при электроогневом и электрическом способах взрывания и *обратный* - при электроогневом по согласованию с органами Росгортехнадзора РФ и при электрическом при применении достаточно защищенных электродетонаторов от блуждающих токов и электростатического электричества.

*Заряжание и забойку шпуров* выполняют *вручную* или *механизированным способом*.

*Для пневмозаряжания шпуров гранулированными ВВ разрешены к применению следующие зарядчики: Курама, РПЗ-0,6; типа ЗП (ЗП-2; ЗП-5; ЗП-12; ЗП-25), ПЗЛ, ПЗЖ(ПШК), Ульба-10, Ульба-50; Ульба-150, Ульба-150И.*

## Лекция 9

### Буровзрывная отбойка горных пород

#### 1. Расчет параметров буровзрывных работ

##### *Выбор марки взрывчатого вещества*

*Марка взрывчатого вещества* для разрушения пород в конкретных горно-геологических условиях должна соответствовать следующим параметрам.

*По значениям скорости детонации D и теплоте взрыва Qv выбирают марку ВВ и определяют скорость детонации при фактической плотности заряжания.*

##### *Определение оптимальных параметров шпуровых зарядов*

*Параметры шпуровых зарядов* являются *длина, глубина, число и диаметр шпуров, расстояние между ними и линия наименьшего сопротивления, масса заряда в шпуре и расход взрывчатых веществ на цикл.*

*Параметры шпуровых зарядов* устанавливаются различно: *методом аналогии, экспериментально и расчетом.*

*Расчетное определение параметров шпуровых зарядов* является *прогноznым* и требует обязательной *проверки взрыванием трех комплектов шпуровых зарядов*, на основании которых в паспорт БВР вносят коррективы.

В горнотехнической литературе приведено множество *методик для расчета параметров шпуровых зарядов*, но все они имеют общий недостаток - *количество шпуров на забой распределяется по группам произвольно*, без математического обоснования. Кроме того, *наиболее признанная методика профессора Н.М. Покровского*, базируется на *удельном расходе ВВ* уже на ранней стадии имеет существенный *недостаток, входящие в формулу коэффициенты текстуры пород принимаются по «наличию»*, а затем при распределении количества шпуров на забой по группам соотношение шпуров в группах также принимается произвольно, например, врубовых отбойных и контурных, как 1:2:3 или 1:2,5:3,5.

Сущность методики расчета параметров шпуровых зарядов предложенной Н.М. Покровским состоит в следующем:

- по нормативной скорости проведения горной выработки **определяют глубину шпуров**: рассчитывают **количество шпуров на забой**:

Для расчета удельного расхода ВВ применяется эмпирическая формула М. В. Покровского, которая определяет количество ВВ, необходимое для подрыва 1 м<sup>3</sup> породы. Расход ВВ на одну заходку определяется из соотношения

$$Q_{\text{зар}} = q \cdot V_{\text{зах}}, \text{ кг}$$

где  $q$  – удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

$V_{\text{зах}}$  – объем заходки, м<sup>3</sup>.

Средняя масса шпурового заряда

$$q_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d_z^2}{4} \cdot l_{\text{шп}} \cdot k_z \cdot \Delta,$$

где  $d_z$  – диаметр заряда в шпуре, м;

$l_{\text{шп}}$  – длина шпура, м;

$k_z$  – коэф. заполнения шпура 0,5-0,85;

$\Delta$  – плотность ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Количество шпуров в забое  $N = \frac{Q_{\text{зар}}}{q_{\text{ср}}}$ .

Наиболее часто расчет ведется на основе формулы проф. М.М. Протодяконова, связывающей коэффициент крепости пород и площадь забоя  $N = 2,7 \sqrt{f \cdot S}$ ,

где  $f$  – коэффициент крепости пород;

$S$  – площадь забоя, м<sup>2</sup>.

- рассчитывают **линию наименьшего сопротивления** и **расстояние между шпурами**:

Линия наименьшего сопротивления

$$W = d_z \sqrt{\frac{0,786 \cdot k_z \cdot \Delta}{m \cdot q}},$$

где  $d_z$  – диаметр заряда в шпуре (при патронированных ВВ меньше диаметра шпура при  $f=3-20$  соответственно на 7-11 мм), м;

$k_z$  – коэф. заполнения шпура;

- Строят схему расположения шпуров по полученным данным и схему заряда ВВ в шпуре. Рассчитывают взрывную сеть и показатели БВР.

### **Заряжание и взрывание шпуровых зарядов**

Взрывание шпуровых зарядов при проведении горных выработок разрешено Росгортехнадзором РФ тремя способами: **электроогневым, электрическим и при помощи систем неэлектрического инициирования** (Нонель, СИНВ).

**Порядок инициирования зарядов прямой** - при электроогневом и электрическом способах взрывания и **обратный** - при электроогневом по согласованию с органами Росгортехнадзора РФ и при электрическом при применении достаточно защищенных электродетонаторов от блуждающих токов и электростатического электричества.

**Бурение шпуров производят** в соответствии с **паспортом БВР** для данного забоя. **Взрывные работы** состоят из следующих операций:

- 1) **изготовление зажигательной трубки при электроогневом способе,**
- 2) **изготовление боевого патрона,**
- 3) **очистки пробуренных шпуров от буровой муки,**
- 4) **зарядки и забойки шпуров,**
- 5) **взрывание шпуров.**

## 2. Составление паспорта БВР

Основной проектной документацией на производство буровзрывных работ является *паспорт или проект БВР*.

*Паспорт БВР* на проведение основных типов горных выработок состоит из **семи разделов и графической части**.

*Разделы паспорта БВР* включают:

- **Характеристику выработки** (сведения о наименовании выработки, форме, площади и размерах поперечного сечения (ширина, высота) в проходке).
- **Характеристику пород** (наименование пород, их категории крепости согласно единой классификации по буримости и коэффициенты крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова, сведения о трещиноватости и обводненности пород).
- **Исходные технологические данные** (наименования типа вруба, характеристик средств бурения, наименование ВВ и средств инициирования (СИ), способов заряжания и взрывания, источника электрического тока).
- **Параметры буровзрывных работ** (номера шпуров, их глубина (длина), углы наклона, массу зарядов в каждом шпуре; число серий взрывания и последовательность, материал забойки и ее величина).
- **Основные показатели буровзрывных работ** (КИШ, число шпуров на забой, величину продвижения забоя за взрыв, объем горной массы, оторванной за взрыв, расход ВВ и СИ на цикл, удельные расходы ВВ и СИ на 1 м проходки и на 1 м<sup>3</sup> горной массы).
- **Меры безопасности** (сведения о месте расположения взрывного пункта, укрытия взрывника и рабочих, о размерах опасной зоны, месте расположения постов оцепления, времени производства взрывов, сигналах и об ответственных за выставление постов оцепления и вывод людей, а также механизмов из забоя или за пределы опасной зоны; время проветривания забоя после взрыва, применяемые при этом вентиляторы (марка и тип) и мероприятия по осаждению пыли).
- **Дополнительные сведения и замечания**.

*Графическая часть включает:*

- **схему расположения шпуров** (масштаб 1 : 50, на схеме показывают три вида: вид на забой, вид сверху и вид с боку или вид на забой и два взаимно перпендикулярных вида сбоку для вертикальных выработок);
- **схему конструкции заряда** (вид и место основного заряда ВВ в шпуре и патрона-боевика с указанием марки ВВ, величины забойки);
- **схему монтажа взрывной сети**.

## Лекция 10

### Механическая отбойка горных пород

#### 1. Проведение выработок комбайнами

При *применении комбайнов* полностью механизмуется процесс отбойки и погрузки горной массы с помощью встроенного в комбайн конвейера в вагонетки, на магистральный ленточный или скребковый конвейер или в другие транспортные средства.

При этом способе проведения *выработок совмещается процесс отбойки и погрузки горной массы*, а также частично процесс крепления при использовании с ком-

байном временных механизированных крепей. Использование *проходческих комбайнов* позволяет в **3—5 раз повысить скорость проведения** подготовительных выработок, в **2—3 раза увеличить производительность труда, до 50—60 % снизить стоимость проходки** и обеспечить **безопасность работ исключением буровзрывных работ**. Выработки, проведенные комбайнами, имеют большую устойчивость и требуют меньших затрат на их поддержание.

*По способу обработки забоя* исполнительным органом различают **комбайны избирательного действия**, которые обрабатывают забой последовательно слоями или заходками и **бурового (непрерывного) действия**, когда обрабатывают сразу всю поверхность забоя.

На угольных шахтах широко применяют **комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом**, с помощью которых проводят выработки площадью сечения в проходке **4—25 м<sup>2</sup>**. Комбайны этого типа являются машинами **циклического действия**. К комбайнам избирательного действия относятся комбайны **4ПУ, ПКЗР, ГПКС, 4ПП2М, 4ПП5**.

**Комбайны избирательного действия** — высокоманевренные машины на гусеничном ходу, которые способны производить раздельную выемку угля при проведении выработок смешанным забоем, различных по форме и площади поперечного сечения.

**Область применения комбайнового способа** проведения выработок может быть значительно расширена путем дальнейшего **совершенствования технологии работ**. На **эффективность проведения выработок с применением комбайнов** влияют следующие **основные факторы: тип комбайна, способ транспортирования горной массы из забоя, площадь поперечного сечения выработки, мощность и угол залегания пласта, тип крепи, длина выработки, уровень механизации доставки к забою материалов, надежность проветривания**.

**Технология проведения выработок проходческими комбайнами включает работы по разрушению и погрузке угля или породы** (время работы комбайна), **замене резцов и смазке комбайна, возведению крепи, монтажу конвейера и настилке пути, устройству водоотлива, организации проветривания и пылеподавления, доставке материалов и оборудования и вспомогательных операций**, предусмотренных графиком организации работ при проведении выработки.

**Разрушение угля или породы** производится **исполнительным органом комбайна**. Первоначально **с помощью вращающейся буровой коронки** по горизонтальной линии **образуется вруб**, создавая вторую плоскость обнажения (рис. 1, а, б). Затем производится **послойное разрушение угля или породы**, расположенной выше и ниже вруба. При проведении штреков по углю с присечкой породы **сначала производится выемка угля**, а затем **разрушается порода** в почве и кровле выработки. **Одновременно с разработкой забоя производится погрузка горной массы**. Рабочие следят за работой перегружателя и загрузкой вагонеток и магистрального конвейера, производят замену груженых вагонеток на порожние и зачистку горной массы за комбайном, осуществляют контроль за концентрацией метана и пыли.

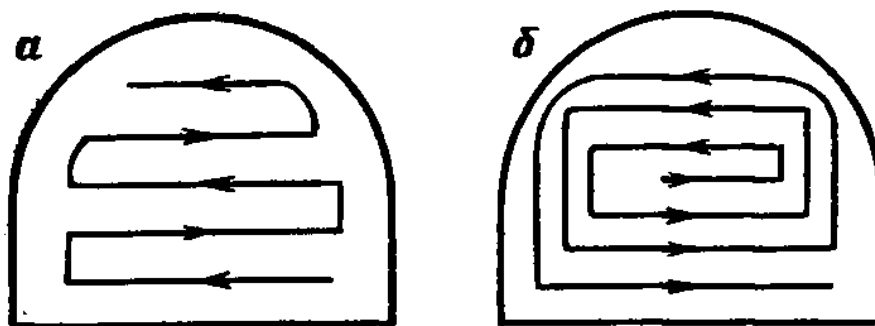


Рис.1. Схемы обработки забоя комбайном избирательного действия: а – снизу вверх, б – с центра выработки

*Обслуживание комбайна* сводится к его *осмотру*, *замене резцов*, *смазке* и *устранению* мелких неисправностей.

*Возведение крепи производится во время обслуживания комбайна.* Доставка материалов совмещается с работой комбайна или его обслуживания.

*Технологические схемы проведения выработок* комбайновым способом отличаются оборудованием призабойного транспорта и транспортированием угля и породы по выработке и могут быть разделены на *схемы с погрузкой на конвейер или в вагонетки*. Эффективной работе комбайнов способствует высокая производительность транспортных средств и возможность их непрерывной работы. В качестве *призабойного транспорта* при комбайновом способе используются *подвесные мостовые и прицепные ленточные перегружатели*, с которых горная масса *перезужается в состав вагонеток*, часто сначала на *скребковый конвейер*, а с него на *ленточный*. Для обеспечения непрерывности работы комбайна в течение проходческого цикла длину прицепного перегружателя выбирают из условия размещения под ним числа вагонеток, необходимых для подвигания забоя на шаг установки крепи.

Обмен вагонеток осуществляют электровозами и совмещают с установкой крепежных рам. Наиболее совершенным являются конвейерный транспорт, особенно телескопические ленточные конвейеры, обеспечивающие транспортирование горной массы на 45—50 м без наращивания и стыковки конвейерной ленты.

*Доставку в забой материалов и оборудования* осуществляют *напочвенным рельсовым и подвесным монорельсовым транспортом*, широкое распространение получает монорельсовый транспорт с канатной тягой.

## 2. Проходческие комбайны избирательного действия

*Проходческие комбайны с избирательными исполнительными органами* находят преимущественное применение при *проведении выработок по породам с  $f \leq 8$* , при необходимости *изменения в широком диапазоне размеров и формы сечений* выработок и при раздельной выемке горного массива. Отличительной особенностью этой группы комбайнов является цикличность и избирательность действия. Комбайн обрабатывает забой последовательно. *Исполнительные органы*, выполненные в виде *режущих головок на консольной подвижной стреле — рукояти* или в виде *набора резцовых коронок*, совершают при обработке забоя качательные движения.

**Комбайны с исполнительным органом избирательного действия** имеют следующие *особенности* по сравнению с комбайнами бурового действия:

- ими одновременно обрабатывается только часть площади забоя и приходится перемещать исполнительный орган по сечению выработки, поэтому производительность избирательных исполнительных органов ниже, чем буровых;
- неуравновешенность в продольном и поперечном направлениях (частичная уравновешенность может быть достигнута при движении двух исполнительных органов в разные стороны или при применении исполнительного органа аксиального действия, т. е. с двумя коронками, расположенными на одной оси, перпендикулярной к стреле комбайна);
- более сложную конструкцию погрузочных устройств; избирательные исполнительные органы не отделены щитом от призабойного пространства выработки, поэтому конструкция их устройства для пылеподавления более сложная и громоздкая;
- управление усложнено и затруднена автоматизация процессов избирательных исполнительных органов, особенно комбайнов с исполнительными органами, перемещающимися в двух плоскостях.

Однако, несмотря на перечисленные особенности, проходческие комбайны с избирательными исполнительными органами по конструкции в целом значительно проще буровых комбайнов, отличаются высокими эксплуатационными качествами и широко применяются в угольной и горнорудной промышленности.

Соотношения площадей сечения выработок и поперечного сечения комбайнов составляют обычно от 3,6 до 4,3. Высота проводимых комбайнами выработок превышает более чем в 2 раза высоту комбайна в транспортном положении.

Применяемые комбайны со стреловидным исполнительным органом хорошо зарекомендовали себя при разрушении малоабразивных пород с коэффициентом крепости  $f \leq 6$ .

### **3. Проходческие комбайны бурового действия с непрерывным рабочим процессом**

**Буровые проходческие комбайны непрерывного действия** по сравнению с комбайнами избирательного действия применяют при проведении *круглых или арочных выработок одного сечения в породах различной крепости*.

**Проходческие комбайны бурового действия** предназначены для *проведения подготовительных выработок круглой формы сразу на полное сечение*. Их часто называют *роторными комбайнами*. При наличии дополнительного оборудования (бермовых фрез) ими можно проводить выработки арочного сечения.

**Особенности буровых комбайнов** следующие:

- перестройка их исполнительных органов даже для незначительного изменения сечения возможна лишь при телескопическом выдвижении лучей, изменении положения оконтуривающих цепей и отбойных штанг;
- исполнительный орган загораживает все сечение выработки, затрудняет доступ к забою для замены инструмента, снижает маневренность комбайна;
- невозможна раздельная выемка полезного ископаемого и породы;
- требуется большой радиус поворота.

*Прходческие комбайны бурового действия* разделяют на две группы: для работы по калийным солям, углю и слабым породам с  $f \leq 4$  м и для работы по сильноабразивным породам с  $f=8...16$ .

Буровые комбайны могут иметь *исполнительный орган* различной конструкции, но наиболее распространен *лобовой — одноосевой, реже планетарный*.

*Погрузочное оборудование комбайна — ковшового типа; ходовое — гусеничного или шагающего типа.*

Различают *одно- и двухраспорную* схемы механизма подачи в комбайнах. *Однораспорную* схему применяют при малой энерговооруженности и сравнительно *малых напорных усилиях*. Однораспорная схема имеет следующие преимущества по сравнению с двухраспорной; при ней упрощается конструктивная схема комбайна, уменьшаются число узлов и масса, снижаются стоимость и трудоемкость монтажно-демонтажных работ, освобождается рабочее пространство для доставки и возведения крепи. *Двухраспорную* схему используют при повышенной энерговооруженности исполнительного органа и *больших напорных усилиях*, требующихся для разрушения более *крепких пород*.

Существуют также *две принципиальные компоновочные схемы комбайна*:

- *первая — с подтягиванием корпуса машины к распорным плитам*, расположенным в передней части,
- *вторая — с отталкиванием корпуса от распорных плит*.

## Лекция 11

### Уборка породы из проходческого забоя

#### Механизация уборки взорванной породы

*Уборка горной массы из проходческого забоя* может производиться следующими способами:

- погрузочными машинами в вагоны, или на конвейер;
- скреперными установками через проходческий полук в вагоны, скип или на конвейер;
- самоходными погрузочно-транспортными машинами на расстояние до 400 м;
- погрузочными (или погрузочно-доставочными, используемые как погрузчики) машинами в комплексе с автосамосвалами на расстояние от 400-2000 м;

*Погрузочные машины* применяются на угольных и рудных шахтах и предназначены для механизации процесса погрузки отделенной от массива буровзрывным способом горной массы в транспортные средства при проведении подземных горных выработок, а также при очистных работах при камерно-столбовой системе разработки руд.

*Скреперные установки.* Погрузка породы скреперными установками производится в горизонтальных выработках малого сечения и наклонных выработках с углом наклона до 35-40°, в наклонных стволах (до 29°) при разведке и отработке мерзлых россыпей подземным способом.

*Погрузочно-транспортные машины* на пневматическом ходу сочетают в себе функции погрузочных машин и средств доставки. Они имеют грузонесущий ковш или грузонесущий кузов и погрузочный ковш. Их целесообразно применять при проведении выработок под самоходное оборудование, поэтажных выработок, сооружении подземных бункеров, камер и других безрельсовых выработок.

### Виды погрузочных машин

По принципу работы погрузочные машины могут быть периодического действия с ковшовым погрузочным органом и непрерывного действия с нагребными лапами.

**Машины периодического действия** работают по принципу захвата горной массы периодически, т.е. через определенные интервалы времени и машинист управляет каждым циклом захвата. **У машин непрерывного действия** захват горной массы осуществляется через более короткие интервалы времени, машина после пуска работает в автоматическом режиме и машинист не управляет захватом каждой порции груза.

В погрузочных машинах **периодического действия** применяют в основном **ковшовый исполнительный орган, реже грейферный и гребковый**, а в машинах **непрерывного действия** — **парные нагребные лапы для кусковатой горной массы, барабанно-лопастной рабочий орган для липких горных пород**. Ранее в конструкциях погрузочных машин непрерывного действия применялись исполнительные органы гребково-роторные, ковшово-элеваторные с нагребными цепными барами и рифлеными дисками.

**По способу захвата горной массы** различают погрузочные машины с **нижним захватом** — в основном почти все типы ковшовых погрузочных машин; **верхним захватом** — некоторые типы ковшовых машин, машин с нагребными лапами и гребковым рабочим органом; **боковым захватом** — погрузочные машины с парными нагребными лапами.

**По способу передачи груза на транспортное средство** — с **прямой задней и боковой погрузкой** (ковшовые машины) и со **ступенчатой задней погрузкой** (ковшовые машины и машины с нагребными лапами и ленточным или скребковым конвейером для подачи горной массы от нагребных лап в транспортное средство), когда горная масса перегружается на передаточный конвейер, расположенный на самой погрузочной машине.

**По способу разгрузки** ковшовые погрузочные машины разделяют на три типа: с **задней, боковой и фронтальной** разгрузкой ковша.

**Привод погрузочных машин** обычно **пневматический или электрический** с питанием по шлангу или кабелю, а **механизм перемещения** — **колесно-рельсовый или гусеничный, реже пневмошинный**.

**Позрузочные машины непрерывного действия** — это машины с нагребными лапами; преимущество их — более высокая производительность, чем у ковшовых машин, но вместе с этим они имеют более сложную конструкцию и более высокую стоимость.

В погрузочных машинах непрерывного действия **рабочий орган — нагребные лапы** — **захватывает горную массу отдельными порциями и проталкивает ее на конвейер**, установленный на погрузочной машине.

Позрузочные машины с нагребными лапами по массе и производительности подразделяются **четыре основных типоразмера: легкие** — ПНБ-1; **средние** — ПНБ-2; **тяжелые** — ПНБ-3; **особо тяжелые** — ПНБ-4. Материал соответствующих деталей всех типов погрузочных машин типа ПНБ одинаковый.

Машины **первого типоразмера** предназначены для погрузки на транспортные средства отделенной горной массы с **коэффициентом крепости  $f \leq 6$**  и размером кусков

не более 400 мм, а второго типоразмера — горной массы с  $f \leq 12$  и крупностью кусков до 500 мм. Машины *третьего и четвертого типоразмера* применяют для погрузки *крупнокусовых грузов с  $f \leq 16$* .

Все погрузочные машины с нагребными лапами имеют *гусеничное ходовое оборудование, электрический привод и идентичную компоновку*.

### Погрузочно-транспортные машины

*По конструктивному исполнению* погрузочно-транспортные машины делят на два типа:

**с транспортным кузовом** (типа ПТ) загружаемым ковшовым погрузочным органом, расположенным на самой машине;

**с совмещением погрузочно-транспортным ковшом** (типа ПД), самозагружающимся за одно или несколько черпаний и служащим для транспортирования горной массы.

Погрузочно-транспортная машина типа ПД состоит из исполнительной и приводной частей, шарнирно соединенных между собой, что обеспечивает возможность поворота машины под углом 30°. На передней полураме самоходного шасси с пневмошинным механизмом перемещения смонтирован ковш со стрелой, на задней полураме — двигатель машины, трансмиссия, гидропривод погрузочного органа и механизма поворота машины, кабина машиниста..

Наиболее широкое распространение в качестве привода погрузочно-транспортных машин получил *дизельный привод*, реже электрический.

Машины типа ПД оснащаются дизельными двигателями мощностью *от 66 до 200 кВт*. Дизельные четырехтактные двигатели снабжены двухступенчатой газоочистительной системой с каталитическим и жидкостным нейтрализаторами.

Начат выпуск *ковшовых погрузочно-транспортных машин с электроприводом*, питание которого производится с помощью электрического кабеля, обеспечивающего плечо доставки до 200 м.

### Скреперные установки

*Принцип действия скреперных установок* основан на перемещении груза по почве скрепером с помощью скреперной лебедки, канатов и системы блоков.

Наибольшее распространение получили скреперные установки в подземных рудниках черной и цветной металлургии для уборки взорванной горной массы при проходке *горизонтальных и наклонных выработок с уклоном до 30°*. Доставка горной массы в подземных условиях производится, в основном, *на грохот или полук по прямой или переменной трассе с помощью двух барабанных лебедок, длина доставки составляет от 5 до 100 м*. Погрузка породы производится *в вагоны, скрепер или конвейер через погрузочный полук*.

Транспортироваться могут любые кусковые *грузы размером до 1000 мм, насыпной плотностью до 3 т/м³*.

*Основными элементами* скреперной установки являются *скрепер, лебедка, канаты и блоки*. Наибольшее распространение на подземных работах получили *гребковые односекционные жесткие скреперы и ящичные*. Скреперы изготавливают вместимостью от *0,1 до 4,0 м³*. Наибольшее распространение для проведения выработок получили скреперы вместимостью *от 0,25 до 0,8 м³*.

*Лебедки* в скреперных установках применяют двух- и трех-барабанные с соосным или параллельным расположением барабанов и двигателей. Привод лебедок обычно

электрический, реже — пневматический. Управление лебедкой может быть ручным, дистанционным или автоматическим.

Лебедки с двумя и тремя барабанами, согласно типажному ряду, изготавливают мощностью *10, 17, 30, 55 и 100 кВт*.

## Лекция 12

### Транспортирование породы из проходческого забоя

#### 1. Способы транспортирования породы из проходческого забоя

*Транспортирование горной массы из проходческого забоя* может производиться следующими способами:

- в вагонах локомотивным транспортом;
- на телескопном участковом конвейере;
- самоходными погрузочно-транспортными машинами на расстояние 50 до 400 м;
- автосамосвалами на расстояние от 400-2000 м;
- самоходными вагонами на расстояние 100 - 400 м;
- скреперными установками на расстояние 5 до 100 м.;

#### 2. Путевое оборудование для обмена вагонеток

При проведении выработок и загрузке погрузочной машиной одиночных вагонеток необходимо выполнение операций по обмену груженных вагонеток на порожние. Откатку вагонеток при обмене производят вручную, локомотивами, маневровыми лебедками, а для сокращения времени обмена вагонеток применяют различное путевое оборудование.

В зависимости от времени использования различают *временное путевое оборудование*, которое располагают непосредственно у забоя и продвигают вслед за продвижением подготовительного забоя, и *стационарное путевое оборудование*, устанавливаемое периодически *через 50—100 м и более*. По отношению к рельсовому пути, по которому производят откатку при обмене вагонеток, различают накладные, врезные и рамные конструкции путевого оборудования.

*Передвижное временное путевое оборудование* располагают на расстоянии *20—25 м от забоя* и накладывают на рельсовый путь. К ним относятся *накладные стрелки, накладные плиты-разминовки и съезды, поперечные роликовые перекатные платформы*.

В качестве *путевого оборудования для обмена вагонеток*, переносимого периодически через большие интервалы времени, чем передвижные накладные устройства, применяются *замкнутые и тупиковые разминовки, вагоноперестановщики с подъемным устройством*.

*Время обмена одной вагонетки* зависит прежде всего от расстояния между обменным устройством и забоем. Увеличение этого расстояния влечет за собой увеличение продолжительности обмена вагонеток, а уменьшение — сокращение времени на обмен вагонеток, что, однако, приводит к увеличению затрат времени на перенос устройств и капитальных затрат на устройство уширений выработки.

Наиболее эффективным способом снижения затрат времени на обмен вагонеток является использование *ленточных перегружателей*, обеспечивающих загрузку партии вагонеток, расположенных в забое. Применение даже коротких перегружателей с длиной консольной части до 12 м позволяет увеличить Лопт в 2,1—2,3 раза.

### 3. Подземные автосамосвалы

**Автосамосвалы** с дизельным приводом получили широкое распространение для доставки горной массы по подземным горным выработкам рудников горнорудной промышленности.

**Конструктивная схема автосамосвалов типа МоАЗ — шарнирно-сочлененная рама**, обеспечивающая высокую маневренность.

**Загрузка самосвала** может производиться **экскаватором** с ковшем вместимостью до 2 м<sup>3</sup> при условии высыпания руды в кузов с высоты не более 0,5 м над верхней кромкой бокового борта и массе кусков не более 0,5 т; **погрузочной машиной** непрерывного действия, **погрузочно-транспортной машиной** с высотой поднятия ковша выше кромки борта.

### 4. Шахтные самоходные вагоны

**Шахтные самоходные вагоны** применяются, в основном, **на калийных рудниках и сланцевых шахтах**. По конструкции **самоходные вагоны** выпускают **с донным скребковым конвейером и электрическим приводом**, питающимся по гибкому кабелю, и **с опрокидным кузовом и пневматическим приводом**, питаемым по шлангу.

**Самоходные пневмоколесные вагоны** могут работать в комплексе **с проходческими комбайнами, погрузочными машинами, бункерами-перегрузчиками** и другими средствами загрузки. **Разгрузка вагона** может осуществляться **в приемные бункера, гезенки, скаты, на конвейеры** или в рельсовые **вагонетки**. Для разгрузки вагонов могут применяться различные перегрузчики, эстакады, питатели и др. Если приемные сосуды (вагонетки, бункера) возвышаются над уровнем почвы не более чем 1200—1400 мм, то самоходные вагоны производят перегрузку горной массы при помощи подъема кузова или его передней части.

## Лекция 13

### Способы и схемы проветривания горных выработок

#### 1. Проветривание забоя после взрывных работ

**Содержание кислорода** в воздухе выработок, в которых находятся или могут находиться люди, должно составить **не менее 20% по объему**. **Содержание СО<sub>2</sub>** в рудничном воздухе не должно **превышать** в рабочих местах **0,5%**, в выработках с общей **исходящей струей** шахты - **0,75%** и при проведении и восстановления выработок по завалу – **1%**. **Количество воздуха**, подаваемого **в каждый забой** горноподготовительных, капитальных или нарезных выработок, **в которых ведутся взрывные работы**, должно быть таким, чтобы **перед допуском людей в забой** образовавшиеся при взрывании **ядовитые продукты взрыва** (окись углерода, окись азота и др.) **были разжижены не менее чем до 0,008% по объему при перерасчете на условную окись углерода**, такое разжижение должно достигаться в течение **не свыше 30 мин.**

Затем **после допуска рабочих в забой** воздуха должен подаваться в места взрывания в том же количестве и в **течении не менее 2 часов**.

**При взрыве 1 кг ВВ** образуется в среднем **40 л условной окиси углерода**, в т.ч. включающей и окислы азота.

Существуют **два метода проветривания горных выработок**:

- 1) Проветривание методом естественной тяги системы подземных выработок;
- 2) Принудительное проветривание.

*При проветривании методом естественной тяги - воздух здесь перемещается по выработкам за счет гравитационных сил при наличии разности высотных отметок устьев двух выработок; направление потока зависит от разности наружной температуры и внутри выработок. Проветривание выработок естественной тягой хотя и достаточно экономично, однако зависит от температуры воздушной среды и не всегда эффективно.*

*Проветривание выработок может осуществляться одним из следующих способов:*

1. *С использованием турбулентной диффузии*—горизонтальные выработки протяженностью до 10 м (вертикальные до 5 м).

2. *За счет общешахтной депрессии* при помощи продольной перегородки, вентиляционных труб, скважин, параллельной выработки. *Проветривание за счет общешахтной депрессии* применяют, когда проводят *две параллельные выработки*.

3. *Воздушно-водяной смесью* (проветривание восстающих выработок при проходке с применением комплексов типа КПВ). При засечке (зарезке) выработки разрешается проветривать ее воздушно-водяной смесью на длине до 7 м.

4. *Струей сжатого воздуха при помощи эжекторов* (устройств создающих движение воздуха в трубопроводе, за счет энергии сжатого воздуха) *совместно с вентиляционным трубопроводом* (выработки длиной до 120 м).

5. *При помощи вентиляторов местного проветривания:*

*а) нагнетательным способом* в выработках протяженностью до 300 м (отставание нагнетательного става от забоя не должно превышать 8 м, конец вентиляционного трубопровода должен быть выведен не менее чем на 10 м от устья проветриваемой выработки, чтобы воздух исходящей струи не мог вновь засасываться вентилятором);

*б) всасывающим способом* допускается проветривать буровые камеры, склады взрывчатых материалов и электровозные депо;

*в) комбинированным способом* в выработках протяженностью более 300 м;

6. *Комбинированным способом* с применением буровых скважин и восстающих выработок.

7. *Комбинированием перечисленных выше способов.*

*Для выработок большой длины наиболее приемлемы 5, 6 и 7-й способы.*

*При глубине расположения выработки от поверхности примерно более 0,2  $L_{пр}$  ( $L_{пр}$ —проектная длина выработки) проветривание экономически целесообразно проводить с применением *вентиляционных трубопроводов*, от 0,04 до 0,2  $L_{пр}$ —*вентиляционных скважин* и менее 0,04  $L_{пр}$ —*вентиляционных восстающих*.*

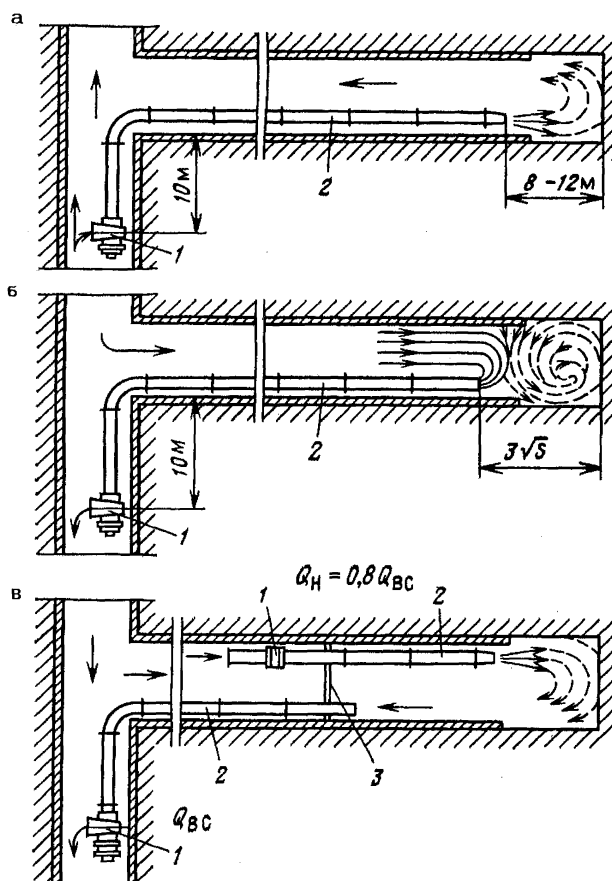


Рис.1. Схемы проветривания тупиковых забоев:

а - нагнетательная; б - всасывающая; в - комбинированная 1- вентилятор; 2 - трубопровод; 3 - перемычка  $Q_H$  и  $Q_{вс}$  - подача воздуха нагнетательного и всасывающего вентилятора,  $\text{м}^3/\text{с}$

#### Способы проветривания выработок ВМП:

- при проведении горных выработок проветривание осуществляется **ВМП по нагнетательной, всасывающей или комбинированной схемам.**

**а) Нагнетательному способу** проветривания присущи **высокая эффективность омывания забоя свежим воздухом, простота выполнения и возможность применения гибких трубопроводов.** При нагнетательном способе проветривания **чистый воздух подается в призабойную зону** выработки **по трубопроводу**, а **загрязненный удаляется непосредственно по выработке.** **Скорость движения пылегазового облака по выработке меньше, чем по трубам**, поэтому при нагнетательном способе при прочих равных условиях требуется **большее количество воздуха, чем при всасывающем.**

Основной **недостаток** этого способа — **загазовывание всей выработки** и необходимость постепенного разжижения этих газов до санитарной нормы. **Нагнетательный способ** является рациональным **при длине выработки до 300 м** и широко применяется на практике.

**б) При всасывающей схеме** проветривания **загазованный воздух** из забойного пространства (камерной выработки) **вентилятором засасывается в став**, а **свежий перемещается по выработке.** **Зона действия** всасываемого воздуха **не превышает 1,5 м от конца трубопровода.**

*Достоинства* этого способа в том, что *всасываемый воздух*, содержащий продукты взрыва, *удаляется по вентиляционным трубам*, а свежий воздух движется от устья выработки.

Основной *недостаток* этого способа - *малая эффективность проветривания*, потому что *воздушная среда*, находящаяся от конца трубопровода *на расстоянии более 1,5 м, практически не засасывается* в него, *невозможность применения гибких трубопроводов*. Этот недостаток можно устранить, разместив вентилятор вблизи забоя, в этом случае трубопровод на всасе делается жестким, а на выбросе - гибким. По мере подвигания выработки вентилятор переносят ближе к забою и гибкий трубопровод наращивают

*в) Комбинированный способ* проветривания тупиковых выработок представляет собой *сочетание нагнетательного и всасывающего* способов. Он позволяет до максимума *сократить время удаления газов*, но является *сложным по осуществлению* из-за наличия двух вентиляционных ставов. Этот способ эффективен *при скоростных проходках*.

На шахтах не опасных по газу или пыли, *при комбинированном способе проветривания*, тупиковых выработок протяженностью *более 200 м допускается*, по согласованию с органами технадзора РФ, установка *вентиляторов местного проветривания в тупиковой части выработок и*, при необходимости, *рассредоточению их по всасывающему трубопроводу*. При этом расположение воздухопроводов должно исключать рециркуляцию и осуществляться надлежащий контроль за работой всех вентиляторов.

*Комбинированный способ проветривания может осуществляться двумя или одним вентиляторами.*

*Первый вариант* сочетает достоинства нагнетательного всасывающего способов, однако *выработка загромаздается двумя ставами труб*. В случае *использования одного вентилятора после взрывания зарядов он работает на всасывание*, а через некоторое *время на нагнетание через перемычку на расстоянии не более 50 м от забоя*.

Проветривание *тупиковых выработок большой протяженности* (до 3 км), как правило, должно осуществляться *турбовоздуходувками*.

Различают *две схемы проветривания выработок с использованием турбовоздуходувок*: а) без реверсирования струи воздуха и б) с реверсирование. *Первая схема проста*, но требует иного времени на проветривание; *вторая требует монтажа в камере ТВ дополнительных трубопроводов и задвижек*, но резко *сокращает время проветривания*.

При работе *по второй схеме проветривания* до взрыва и после него *4-5 минут ТВ работает в режиме нагнетания*, а затем *переключается на всасывание*; после *выноса газов* из выработки (через 15 - 20 мин) вновь *переключается на нагнетание*.

## 2. Оборудование для проветривания тупиковых горных выработок

Для проветривания тупиковых забоев выработок применяют *осевые и центробежные вентиляторы*.

**Вентиляторы ВМ-4; ВМ-5, ВМ-6, ВМ-12** взрывобезопасного исполнения обеспечивают *подачу воздуха 1,9 - 20 м³/с* и используются для проветривания выработок *длиной до 500 м. Последовательное соединение вентиляторов* позволяет проветривать выработки *большей протяженности*.

При проведении выработок на *шахтах, опасных по газу или пыли*, для проветривания используют *вентиляторы типа ВМП и ВМК. Центробежные вентиляторы ВЦ-7, ВМЦ-8, ВЦ-9* позволяют проветривать выработки *большой (до 2000 м) длины*. Для *сокращения времени проветривания* выработки после взрыва применяют *водовоздушные эжекторы*.

**Вентиляционный трубопровод** собирают из *отдельных звеньев длиной 3...20 м*; при необходимости *используют тройники, колена и т.п.*

**Металлические трубы** изготавливают из *листовой стали толщиной . 0,7...20 мм. Диаметр труб 300...600 мм, длина 2; 2,5; 3 м*. Звенья металлических труб соединяют фланцами.

**Матерчатые трубы типа «М»** изготавливают *из прорезиненной ткани толщиной 0,8-1,2 м* с герметизацией швов методом холодной вулканизации. Звенья труб соединяют между собой *самоуплотняющимся стыком (кольцо в кольцо)*, *длина звена 5, 10, 15, 20 м*. В выработке *трубы типа «М»* подвешивают *к тросу с помощью крючков*, имеющих на трубах. Для снижения утечек воздуха внутрь трубы помещают полиэтиленовые рукава.

**Фанерные трубы диаметром 161...313 мм и длиной 5...7 м** соединяют между собой: посредством *конусных или цилиндрических муфт*. Подвешивают на крючьях или проволоке.

Аэродинамические параметры вентилятора взаимосвязаны с параметрами вентиляционной сети (трубопровода), совместно с которой он работает. К параметрам трубопровода относят его диаметр, длину, шероховатость и воздухопроницаемость стенок.

**Проветривание протяженных выработок** (до 3000 м) представляет определенную сложность. Для этого в последнее время находят распространение **турбовоздуходувки** (ТВ-80-1,4; ТВ-СО-1,6; ТВ-175-1,5; ТВ-2СО-1,4; ТВ-3СО-1,6 и др.).

## Лекция 14

### Расчет параметров вентиляции

#### 1. Расчет параметров вентиляции тупиковых выработок

Расчет вентиляции тупиковых выработок сводится к определению необходимого количества воздуха, подаваемого в забой, депрессии вентилятора, выбору трубопроводов и вентиляторов.

**Депрессия вентиляторов**

$$H_v = K_y \cdot R \cdot Q_v^2 + \Sigma h_m, \text{ Па}$$

где  $h_m$  – сумма депрессий местных сопротивлений,

$$\text{для каждого поворота} - h_m = \psi \cdot v^2 \cdot \gamma_0 / 2g,$$

где  $\psi$  – коэффициент местного сопротивления;

$v$  – скорость воздушного потока, ( $v = Q_v / S_{тр}$ ) м/с;

$\gamma$  – плотность воздуха, 1,2 кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

**Производительность вентилятора**

$$Q^B_{п} = K_y \cdot Q_v = Q_v / \eta_v, \text{ м}^3/\text{мин.}$$

*На график характеристик вентиляторов наносят расчетный режим ( $H_v$  ;  $Q^B_{п}$ ) и подбирают вентилятор с к.п.д. не менее 0,6.*

*В случае если давления одного вентилятора недостаточно, предусматривают установка двух или несколько вентиляторов.*

*При последовательной установке вентиляторов напоры вентиляторов суммируются. При параллельной работе суммируются производительности вентиляторов.*

*Вентиляторы в одном трубопроводе можно устанавливать рассредоточение и сосредоточенно (каскадом). В первом случае вентиляторы располагаются один от другого на расстоянии 8-150 м, во втором – друг за другом, обычно в начале трубопровода.*

## 2. Составление паспорта проветривания

*Проветривание подземной горной выработки* производится в строгом соответствии с *паспортом проветривания*. Этот обязательный документ составляется для проведения всех подземных выработок, исключая шурфы без рассечек, для которых параметры и режим проветривания указываются в паспорте буровзрывных работ.

*Паспорт проветривания* составляется руководителем горных работ и утверждается главным инженером рудника; с паспортом должны быть ознакомлены под расписку рабочие и технический персонал, связанные с выполнением горно-проходческих работ.

*Паспорт проветривания содержит* схему вентиляции, изображенную на плане и поперечном разрезе выработки, характеристики выработки, системы вентиляции, вентилятора, вентиляционных труб, а также содержит необходимые дополнительные сведения о средствах и способах проветривания.

## Лекция 15

### Организация работ по проведению горных выработок

#### 1. Технологические схемы проведения горных выработок

*Технологическая схема проведения горной выработки* — включает описание и графическое изображение параметров горной выработки и ее крепи, расстановка проходческого оборудования, последовательность и время выполнения проходческих операций, расчетные технико-экономические показатели.

Различают *две основные технологические схемы* организации работ по проведению выработок: *поточную и цикличную*. При поточной схеме происходит непрерывное извлечение горной массы из забоя, в результате совмещения всех производственных процессов — комбайновый способ проходки. При цикличной схеме процесс разрушения породы осуществляется с перерывами, вызванными необходимостью выполнения других работ в определенной последовательности.

В технологических схемах наряду с классификацией их по способам проходки и организации работ конкретно указываются **совмещение или последовательность выполнения процессов проходки и характер их механизации**.

**При выборе технологических схем** при проведении горных выработок учитывают физико-механические свойства горных пород, горно-геологические и производственно-технические условия. Если **горно-геологические условия** влияют на выбор способа проведения выработки, то **производственно-технологические** — на выбор оборудования и основные показатели работ.

В горной промышленности, где применяются разнообразные горнопроходческие машины и механизмы, **при выборе машин** и проходческих комплексов **учитывают крепость пород, сечение выработок, требования техники безопасности, экономичность** и др.

**Проведение выработок по крепким однородным или неоднородным породам** - осуществляется буровзрывным способом сплошным забоем. **В цикл проходческих работ** при этом **входят следующие операции**: бурение и зарядание шпуров и взрывание шпуровых зарядов, проветривание забоя, приведение забоя в безопасное состояние, погрузка и транспортирование породы, возведение крепи, настилка рельсовых путей (устройство дорожного покрытия) и устройство водоотливной канавки.

**Выбор проходческого оборудования** и той или иной технологической схемы обуславливается не только **крепостью породы**, но также **параметрами поперечного сечения и длиной выработки** и наличием необходимого фронта работ.

**К вспомогательным работам** при проведении выработок относятся **установка предохранительной крепи, устройство водоотводной канавки, настилка рельсового пути, прокладка трубопроводов и кабелей, оборудование освещения, устройство проезжей части (при самоходном безрельсовом транспорте), такелажно-доставочные работы и др.** Достижение высокой скорости проведения выработок при минимальной себестоимости возможно лишь при максимальном совмещении и взаимоувязке основных процессов проходческого цикла со вспомогательными работами и высоким уровне механизации.

## 2. Расчет графика организации работ по нормативной трудоемкости и эксплуатационной производительности проходческого оборудования

В настоящее время при строительстве горизонтальных выработок в крепких однородных породах буровзрывным способом применяется цикличная организация работ. Горнопроходческие работ выполняются в соответствии **с графиком цикличности**.

**В проходческий цикл входят следующие процессы**: бурение шпуров ( $t_{\delta}$ ), проветривание ( $t_{пр}$ ), возведение временной или постоянной крепи ( $t_k$ ), погрузка породы ( $t_n$ ), устройство водоотводной канавки, наращивание вентиляционных труб, трубопроводов сжатого воздуха, воды и другие работы ( $t_{вс}$ ).

**Проходческие процессы** могут выполняться во времени **последовательно или параллельно** (с частичным или полным совмещением).

**Продолжительность проходческого цикла при последовательном выполнении процессов**

$$T_{ц} = t_{\delta} + t_{зв} + t_{пр} + t_n + t_k + t_{вс}$$

При *расчете графика организации работ по нормативной трудоемкости* процессов проходческого цикла длительность последнего предполагается известной.

*Трудоемкость ( $q_i$ ) и продолжительность ( $t_i$ ) нормируемых процессов* определяют на основании действующих норм времени (выработки)

$$q_i = V_i \cdot H^{np}_i ; \quad t_i = q_i \cdot \alpha / (n_i \cdot K_v) ,$$

где  $V_i$  - объем работ  $i$ -го процесса цикла;

$H^{np}_i$  - норма времени;

$n_i$  - число проходчиков;

$K_v$  - плановый коэффициент перевыполнения норм времени 1,05-1,15;

$\alpha = (T_{ц} - t_{н.н.}) / T_{ц}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение времени выполнения нормируемых процессов,

где  $t_{н.н.}$  - продолжительность ненормируемых процессов цикла (взрывание, проветривания и т.п.), по данным практики.

На *графике цикличной организации работ* изображают технически возможную *временную технологическую цепочку*, обеспечивающую полную занятость проходчиков на рабочих местах. На *графике организации работ* рекомендуется выделять из состава основных процессов *вспомогательные работы* (разметка, очистка от буровой мелочи шпуров, доставка в забой оборудования, обмен вагонеток и др.), а *процессы, выполняемые не в каждом цикле* (настилка рельсового пути, проведение канавок, наращивание труб), *группировать для выбора выполнения одного из них в каждом цикле* по усмотрению проходческой бригады.

*Расчет параметров проходческого цикла по эксплуатационной производительности проходческих машин.*

*Продолжительность выполнения механизированных процессов*

$$t^m_i = V^m_i / (Q_{э} \cdot m_i \cdot K_c) ,$$

где  $m_i$  - число проходческих машин в забое;

$K_c$  - коэффициент, учитывающий снижение  $Q_{э}$  при совместной работе машин;  $K_c = 0,95$  - для бурильной установки с двумя машинами;  $K_c = 0,85$  - для двух погрузмашин.

*Продолжительность немеханизированных процессов*

$$t_i = V^p_i \cdot H^{np}_i / (n_i \cdot K_v) ,$$

где  $V^p_i$  – объем работ  $i$ -го процесса;

$H^{np}_i$  – норма времени;

$K_v$  – коэффициент перевыполнения нормы времени (1,02-1,10).

*Продолжительность проветривания, заряжания и взрывания* определяют расчетом и по данным практики. *Численность проходчиков*, занятых на выполнении механизированных процессов, *устанавливают по расстановке их по рабочим местам* с учетом правил эксплуатации проходческих машин.

*Трудоемкость и планируемую скорость проведения выработки* обуславливает *численность рабочих на выполнении немеханизированных процессов*.

## Технология проведения вертикальных выработок

### 1. Формы и размеры площади поперечного сечения восстающих

**Восстающий** — вертикальная или наклонная горная выработка, проходимая снизу вверх и соединяющая два смежных горизонта или выработки верхнего горизонта с земной поверхностью.

**Восстающие применяются** для *прослеживания границ распространения* и определения содержания полезного ископаемого, для *перепуска горной массы* (породоспуски), для *вентиляции, как запасной выход*, для *прокладки инженерных коммуникаций* и других целей. *Глубина восстающих* может колебаться *от 40 до 120 м*.

**Восстающие по назначению подразделяются:** на рудоспуски, породоспуски, материально-ходовые восстающие, вентиляционные восстающие, запасной выход, закладочные восстающие и т.п.

Наиболее распространенной *формой поперечного сечения* восстающих является *прямоугольная (квадратная) и круглая*. *Размеры площадей* поперечного сечения восстающих определяются их *назначением и в зависимости от горнопроходческого оборудования*, используемого при их проходке. Так при проведении проходческими комплексами они имеют *min* прямоугольное сечение 1,9×2 м, при проведении комбайнами 2КВ-А и Robbins диаметр от 0,6 до 6,0 м.

В зависимости от назначения и горнотехнических условий *восстающие проходятся в одно, два или три отделения*.

**Определение поперечных размеров восстающих** производят графически учитывая размеры лестничного отделения, трубокабельного и породного отделения, их расположение с соблюдением зазоров регламентируемых ПБ.

### 2. Технологические схемы проведения восстающих

Технология проходки вертикальных и крутонаклонных восстающих несколько отличается от технологии проведения слабонаклонных восстающих, которые преимущественно проходятся при пологопадающих залежах.

Известны следующие *способы проходки восстающих: обычный способ* (с оборудованием в период проходки лестничного отделения и устройством рабочего и предохранительного полков), *с помощью проходческих комплексов и щитов, методом секционного взрывания скважин, бурением на полное сечение комбайнами* и др.

**Обычный способ** отличается высокой трудоемкостью, но может *применяться практически в любых условиях при незначительных объемах проходки*. Областью его применения *при больших объемах проходки* считают: наличие относительно *устойчивых пород при длине восстающего не более 20—25 м*.

Проходке восстающего предшествует *устройство ниши* в горизонтальной выработке. Ниша предназначена для создания безопасных условий перехода из лестничного отделения восстающего в горизонтальную выработку; *ширина* ее принимается равной *ширине восстающего, глубина составляет не менее 1,2 м, а высота — 2 м*.

Крепят восстающие *сплошной срубовой крепью или венцовой крепью вразбежку*.

**Работы по оборудованию восстающих** сводятся к следующему:

- *сооружается венцовая крепь* с опорными венцами и шагом через 4—6 м;

- *устанавливаются расстрелы для устройства полков, установки лестниц и для отшивки ходового отделения от материального;*
- *размещаются лестницы и площадки;*
- *наращиваются трубопроводы сжатого воздуха, воды, прокладываются кабели освещения, сигнализации и связи.*

*Скорости проходки восстающих* обычным способом в породах с  $f=8...12$  *редко превышают 25—30 м/мес.*

*Проходить восстающие с помощью комплексов типа КПВ можно практически в любых условиях при наличии в забое устойчивых пород. При неустойчивых породах восстающий крепят сплошной венцовой или анкерной крепью с металлической сеткой и набрызгбетоном.* Проходка восстающих с помощью комплекса КПВ имеет следующие преимущества по сравнению с обычным способом проходки: *скорость проходки в 3—4 раза и производительность труда в 1,5—1,8 раза выше, а себестоимость на 30—40% ниже.* Кроме того, повышается безопасность труда проходчиков и снижается трудоемкость работ в несколько раз.

В комплексах типа КПВ *самоходная платформа перемещается* при помощи лебедки *по монорельсу*, который анкерами крепится к стенке восстающего. При проходке восстающего с помощью КПВ *работы выполняются в три этапа: сооружение в примыкающей выработке монтажной камеры, монтаж комплекса и проходка восстающего*, а также *демонтаж комплекса.*

Для *крепления восстающих* применяются *металлические анкеры в сочетании с металлической сеткой* или без нее, а также *деревянная венцовая или подвесная крепь* и в крепких породах — *без крепи.*

*Скорость проходки* с помощью комплекса КПВ при одном забое *может достигать 200 м/мес.*

*При проходке восстающих в слабых, неустойчивых породах с креплением сплошной венцовой крепью* рекомендуются использовать *передвижной проходческий щит Будряновича (ПЩБ-2).* Щит состоит из *перекрытия*, обеспечивающего безопасные условия работы проходчиков, *рабочей платформы (полка), механизма перемещения щита, лебедки для подъема материалов* и *крепи в забой и других элементов.*

*При проходке восстающих бурением* распространение в России получил *комбайн 2КВ-А* диаметр бурения 1,25, 1,5 и 1,8 м, за рубежом *комбайны Robbins* фирмы *Atlas Copco* с диаметром бурения *от 0,6 до 6,0 м.* Достоинствами способа являются безопасность работ, невысокие затраты на проходку и крепление выработок, почти полная механизация работ по проходке.

*Комбайн 2КВ-А* предназначен для проходки восстающих на шахтах, не опасных по газу и пыли. Проходка осуществляется *путем бурения передовой скважины с вышележащего горизонта на нижележащий и разбуривания ее до полного сечения снизу вверх при обратном ходе бурового става.* Комбайн состоит из: *бурового агрегата, манипулятора, блока питания, кабины, управления, податчика штанг, комплекта буровых штанг, инструмента и принадлежностей.* Управление — дистанционное из кабины машиниста.

Комбайн 2КВ-А спускается в шахту по частям. Он *монтируется в камере на двух швеллерах*, уложенных на бетонную подушку. *Камеры сооружаются* как на нижнем, так и на верхнем горизонте. При установке комбайна на верхнем горизонте *сверху вниз бурится передовая скважина диаметром 270 мм*. После выхода бурового инструмента на нижний горизонт к нему *крепится разбуриватель и скважина расширяется снизу вверх на всю высоту*. Процессом бурения управляют со специального пульта; все операции по наращиванию и демонтажу бурового става механизированы. *Сменная производительность по породам с  $f=12$  достигает 12,5 м/смену*.

При проходке восстающих секционным взрыванием глубоких скважин исключается необходимость пребывания людей в забое и все работы по бурению, заряджанию и взрыванию скважин осуществляются из прилегающих к восстающему горизонтальных выработок.

В ряде случаев осуществляется проходка восстающих взрыванием зарядов в глубоких скважинах. При этом способе *в контурах запроектированного восстающего на всю его высоту выбуривается комплект параллельных скважин, взрывание зарядов в которых и приводит к образованию выработки*. Технологический процесс проходки восстающего состоит из *трех основных операций: бурение скважин, их заряджание и взрывание*. Существенным *преимуществом* этого способа проходки является то, что технологические операции выполняются *без присутствия людей в забое восстающего*. *Отбойка породы* осуществляется *за один прием сразу на всю длину восстающего или с разбивкой на участки, называемые секциями*.

Для проходки восстающего этим способом на всю его длину *из верхней выработки бурят несколько (5—7) скважин диаметром 100—110 мм*. Расстояние между скважинами 0,5—0,9 м. Восстающий образуется в результате *последовательного взрывания зарядов ВВ*, помещаемых в нижней части скважин *на длине от 2 до 6 м*. Заряджание скважин производят с верхнего горизонта либо на всю глубину скважин, либо на высоту секции. Сверху заряда помещают забойку, перед заряджанием *нижнюю часть перекрывают деревянными составными коническими пробками*, опускаемыми в скважину на шпегате или проволоке. Заряды ВВ взрывают детонирующим шнуром или электрическим способом.

Все скважины бурят одинакового диаметра или одна скважина (врубовая) имеет диаметр больший по сравнению с другими. Эта скважина не заряджается. *Параметры буровзрывных работ и длину взрывающей секции* в конкретных горно-геологических условиях *определяют опытным путем*.

*Стоимость проходки восстающих* с помощью взрывных скважин обходится *на 30—50% меньше, а затраты на лесоматериалы ниже на 20—25%* по сравнению с обычным способом проходки.

## **Технология проведения горных выработок специальными способами**

### **1. Специальные способы проходки горных выработок**

Горизонтальные и наклонные выработки во многих случаях проводятся в *сложных горно-геологических условиях*, т.е. в *неустойчивых водонасыщенных породах*, при *наличии больших притоков подземных вод, высоких гидростатических напорах*, при *пучащих почвах*, по *пластам с суфлярным выделением метана*, по пластам, опасным по *внезапным выбросам угля, породы и газа, горным ударам*.

*К способам*, гарантирующим безопасность труда и обеспечивающим необходимые технико-экономические показатели, относят: *проведение выработок с применением забивной крепи, водопонижение, тампонаж, замораживание водоносных пород и др.*

Для обеспечения высокой скорости и безопасности работ при проведении горизонтальных выработок *в слабых и неустойчивых породах* применяют *проходческие щиты*. *Передвижную металлическую крепь*, под защитой которой производят выемку породы по всей площади забоя сооружаемого тоннеля и одновременно возводят сборную крепь, называют проходческим щитом.

В зависимости *от конструкции щита* разработку породы в забое можно производить *отбойными молотками, буровзрывным и механизированным способами с применением различных исполнительных органов*. *Крепь возводят* с помощью блоко- или *тюбингоукладчиков* входящих в проходческий комплекс. Для *передвижения щита* служат *гидравлические домкраты*, которые жестко связаны с щитом. *Плунжеры, упираясь в готовые кольца крепи, перемещают щит* в направлении забоя.

В отечественной практике щитовые комплексы применяют на строительстве коллекторов различного назначения, метрополитенов, гидротехнических и дорожных тоннелей и других подземных сооружений.

### **2. Способы водопонижения при проведении выработок в обводненных породах**

При проведении горизонтальных и наклонных горных выработок в обводненных породах широко используют *водопонижение трех типов: с поверхности земли, подземное и комбинированное*.

При *водопонижении с поверхности земли*, как правило, по трассе проводимой выработки *бурят специальные водопонижающие скважины, оборудованные центробежными насосами или эжекторными иглофильтрами*.

*Подземный способ водопонижения* предусматривает использование различных *средств непосредственно в горных выработках*.

При *комбинированном способе водопонижения* используют *различные водопонижительные средства, монтируемые с поверхности и непосредственно в проводимых подземных выработках*.

*Способ водопонижения с поверхности земли* используют чаще всего *при значительных объемах водопонижительных работ и при глубинах заложения выработок до 250 м*. Этот способ водопонижения является дорогостоящим и длительным.

*Подземный способ водопонижения* непосредственно в забое получил большее распространение, применение которого особенно *эффективно при сравнительно небольших объемах проходческих работ в обводненных и слабоустойчивых породах.*

### **3. Тампонаж обводненных и неустойчивых пород при проведении выработок**

*Тампонаж горных пород* при проведении горных выработок применяют главным образом для *изоляции проводимых* (предварительный тампонаж) *или* проведенных (последующий тампонаж) *горных выработок от притоков в них подземных вод; укрепления несвязных водонасыщенных или сухих горных пород; укрепления нарушенных горных пород и улучшения условий работы крепи.*

*В скальных породах* сущность способа тампонажа состоит *в изоляции водопроводящих трещин и пор тампонажным раствором*, благодаря чему вокруг выработки или же по направлению ее проведения *создается так называемая тампонажная завеса*. Эта завеса служит *водозащитным экраном, препятствующим поступлению в выработку подземных вод* в период ее проведения и эксплуатации. В *несвязных породах* задачей тампонажа является *скрепление тампонажным раствором зерен этих пород*, благодаря чему *создается массив устойчивых пород*, не обрушающихся при их вскрытии и проведении по ним выработок. При тампонаже несвязных пород задачи закрепления обычно сочетаются с задачами водоизоляции.

*Основными тампонажными растворами*, классифицируемыми по виду основного связующего компонента, *являются цементные, глино-цементные, цементно-песчаные, силикатные, полимерные на основе синтетических смол* и др. В практике предварительного тампонажа при проведении горизонтальных горных выработок по скальным породам наибольшее распространение получили растворы на основе чистого цемента. Для укрепления несвязных пород применяют цементные и химические растворы.

В комплект оборудования, применяемого для нагнетания твердеющих растворов, входят *средства бурения скважин, приготовления твердеющих растворов, насосы и запорная арматура скважин.*

### **4. Технология искусственного замораживания водоносных пород при проведении выработок**

При проведении горных выработок *встречаются водоносные неустойчивые породы*, которые практически *не поддаются осушению, тампонажу, а также уплотнению и закреплению химическими составами*. К таким породам относятся *пески-плывуны, разжиженные илы и глины, обводненные смеси песчано-глинистого и обломочного материала и другие породы*, обычно отличающиеся полной водонасыщенностью и низкой водоотдачей. Чтобы пройти выработку, в таких условиях применяют наиболее эффективный способ — *предварительное замораживание обводненных пород.*

*Способ замораживания* пород отличается *универсальностью* так как его можно применять в любых горно-геологических условиях, но его применение требует *больших материальных затрат, занимает много времени и является наиболее дорогим* из всех распространенных специальных способов проведения выработок. Поэтому область его применения в настоящее время охватывает только такие условия, *в которых другие*

*способы непригодны.* Однако потребность в применении способа предварительного замораживания пород в различных его вариантах все возрастает, поскольку потребности в полезных ископаемых не могут быть удовлетворены добычей полезных ископаемых в наиболее доступных месторождениях.

*Сущность способа замораживания* заключается в том, что вокруг будущей выработки на участке пересечения водоносных пород *создают посредством их замораживания водонепроницаемое и прочное ледопородное ограждение*, под защитой которого проводят выработку.

Для *создания ледопородного ограждения бурят специальные замораживающие скважины*: при неглубоком заложении выработки — непосредственно *с поверхности*, из забоя *самой выработки или параллельно ей*, проведенной в *устойчивых породах*.

В пробуренные скважины *устанавливают колонны труб*, в которые нагнетают *незамерзающую жидкость*. Эту *жидкость на замораживающей станции охлаждают* до отрицательной температуры, которая, *циркулируя по трубам, отбирает естественное тепло от горных пород* и тем самым *замораживает водоносные породы*. При этом вокруг каждой *колонки образуются вначале одиночные ледопородные цилиндры*, затем они *смыкаются в сплошной замороженный массив пород*. В качестве *хладоносителя* обычно применяют *водный раствор хлористого кальция* — рассол, имеющий в насыщенном состоянии *температуру замерзания —55 °С*.