

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ, ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГЕОМЕХАНИКА»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине
«Основы горного дела.
Строительная геотехнология»

для студентов образовательной программы
«специалист» по специальности 21.05.04 «Горное дело»
всех специализаций и всех форм обучения

Донецк
2018

УДК 622.274(077)

ББК 33.15я7

П76

Составитель:

Пшеничный Юрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

- П76 **Конспект лекций по дисциплине «Основы горного дела. Строительная геотехнология» [Электронный ресурс] :** для студентов образовательной программы «специалист» специальности 21.05.04 «Горное дело» всех специализаций и всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики; сост. Ю. А. Пшеничный. – Электрон. дан. (1 файл: 22 Мб). – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 159 с. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Приведено содержание всех лекций по дисциплине «Основы горного дела. Строительная геотехнология», перечень основной и дополнительной учебной литературы. Конспект лекций может быть полезен студентам всех форм обучения, изучающим предмет заочно или по индивидуальному графику со свободным посещением аудиторных занятий, а также преподавателям, занятым по данной дисциплине.

УДК 622.274(077)

ББК 33.15я7

Введение

Дисциплина «Основы горного дела. Строительная геотехнология» является профилирующей и входит в профессиональный цикл базовой части учебных планов для студентов по образовательной программе «специалист» специальности 21.05.04 «Горное дело» всех специализаций и всех форм обучения.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении дисциплин: «Физика», «Геология», «Горные машины и оборудование», «Основы горного дела. Подземная геотехнология».

Данный курс рассматривает основные вопросы проектирования и технологии производства работ при строительстве горного предприятия, в том числе при сооружении горных выработок.

Целью дисциплины является: приобретение студентами знаний и умений, необходимых для самостоятельного творческого решения задач, связанных с проектированием и практической реализацией технологических процессов при проходке и армировании вертикальных стволов, проведении горизонтальных и наклонных горных выработок, путём усвоения лекционного материала, изучения новинок научной литературы, выполнения практических работ и курсового проектирования.

В результате освоения дисциплины студент должен знать: свойства и классификации горных пород; структуру и последовательность работ при строительстве горного предприятия; конструктивные особенности подземных сооружений и методы их расчета; основные характеристики современных горных машин и оборудования; научные и инженерные основы выбора технологий горно-строительных работ и охраны труда; передовые технологии и методы организации работ;

уметь: проектировать форму, размеры поперечного сечения выработок и технологию их строительства; обосновывать выбор машин и оборудования; осуществлять контроль и обеспечивать правильность выполнения производственных заданий; принимать технические решения по обеспечению безопасности работ; руководить работами при осуществлении разработанных технологий на практике; анализировать и улучшать работу проходческих бригад.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении практических работ по ней и при выполнении дипломного проекта.

Конспект лекций подготовлен в соответствии с рабочими программами по данному курсу, утверждёнными в 2017 году.

ЛЕКЦИЯ № 1

Тема. Горные породы.

1. Образование горных пород и их классификация.

Поверхность Земли примерно за 4-5 млрд. лет прошла три стадии вещества: газообразного, жидкого и твёрдого состояния. Непосредственно земной шар состоит из концентрических оболочек-геосфер. Наиболее отчётливо выделяются три: *земная кора, мантия и ядро*.

Толщина земной коры (литосферы) в районе океанов около 5 км, на материках – 70 км. В среднем её толщина составляет всего 0,6% от величины земного радиуса. И в этой тонкой «плёнке» земной коры залегают вещества, необходимые человеку для его жизнедеятельности. Такие вещества называют полезными ископаемыми.

Полезные ископаемые — природные минеральные вещества, которые могут быть использованы в экономике в естественном виде или после предварительной обработки. Полезные ископаемые бывают твёрдыми (различные руды, уголь, алмазы и др.), жидкими (нефть, рассолы, вода) и газообразными (природные газы).

Месторождение полезного ископаемого — естественное скопление в земной коре полезного ископаемого, разработка которого является экономически выгодной. Скопление твёрдого полезного ископаемого, залегающего среди горных вмещающих его пород, называется *рудным телом*, или *рудной залежью*.

Участки земной коры, характеризующиеся общими условиями образования и определенными инженерно-геологическими свойствами горных пород называют *массивами горных пород*.

Горная порода — устойчивое механическое соединение (агрегат) одного или нескольких минералов, обусловленное наличием минерального цемента или молекулярных сил. Горные породы слагают земную кору, находясь в ней в виде самостоятельных геологических тел.

Минерал – природное твёрдое тело, однородное по химическому составу и физическим свойствам. Отдельные минералы возникли в результате природных физико-химических процессов, протекающих на поверхности и в глубинах Земли. Известно около 3000 различных минералов, однако только около 40 из них являются породообразующими.

Горные породы классифицируются в отдельные группы (классы) по следующим признакам:

- *условиям образования* — магматические, осадочные, метаморфические;
- *крупности кристаллических зерен* — крупно-, средне-, мелко- и микрокристаллические;
- *по структуре (степени кристаллизации)* — полнокристаллические, неполнокристаллические, стекловидные, порфиоровые, обломочные;
- *текстуре (сложению)* — массивные, пористые, слоистые;

- по характеру внутренних связей — твердые (скальные), пластичные, рыхлые (сыпучие), текучие (плывуны).

Сложение и строение пород, а также их свойства определяются, главным образом, условиями их образования, то есть происхождением (рис.1.1).

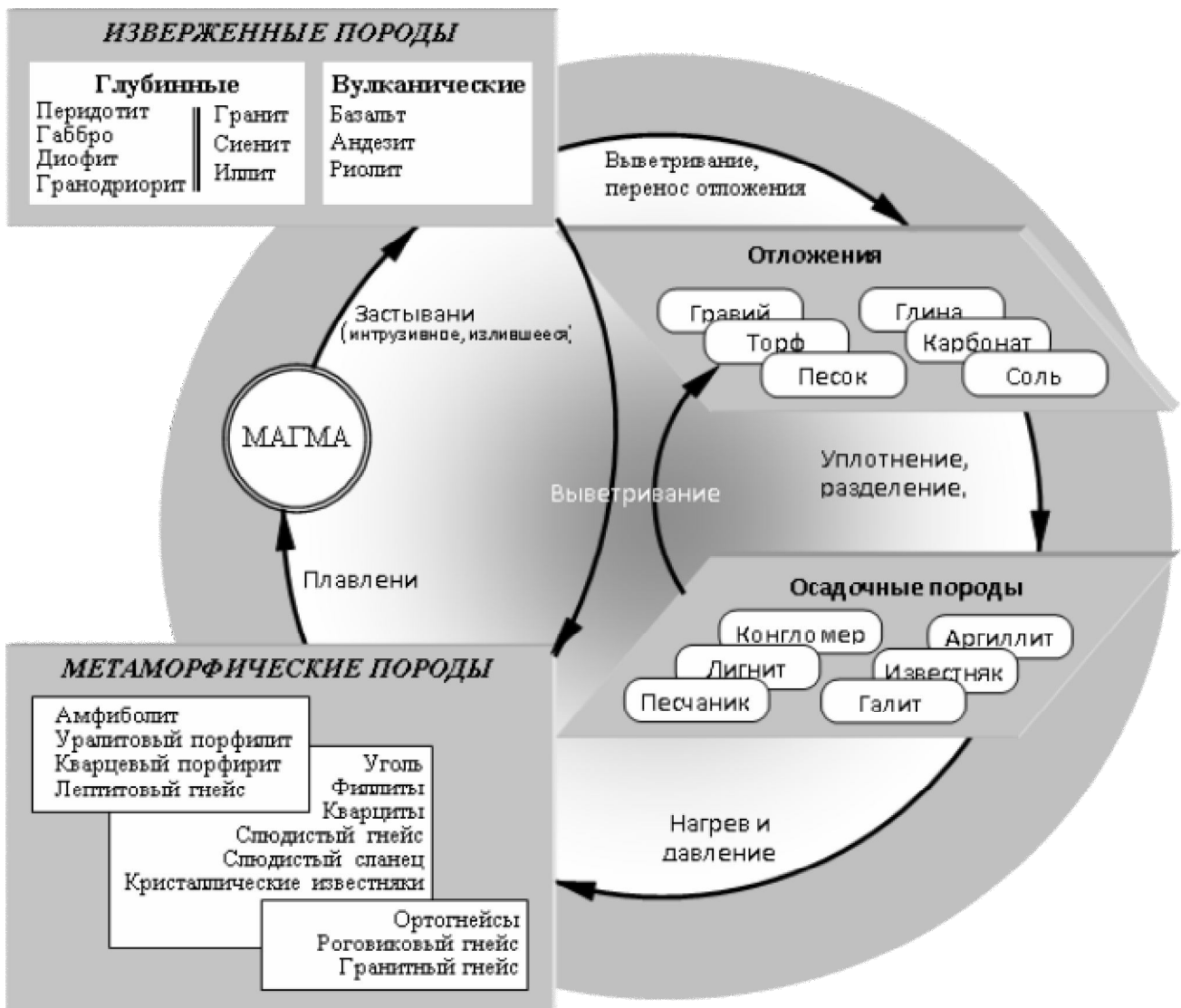


Рисунок 1.1. Схема формирования минералов и горных пород.

Магматические горные породы образовались в результате кристаллизации или затвердевания магмы как на глубине (внутри земной коры), так и на поверхности.

Породы, образовавшиеся внутри земной коры, называются *интрузивными*. Они обладают полнокристаллической структурой и чаще всего массивной текстурой, так как в результате медленного и равномерного охлаждения расплава магмы происходит кристаллизация минералов в определенной последовательности и, таким образом, образуется зернистая структура. Интрузивные горные породы характеризуются низкой пористостью и малой проницаемостью.

Излившаяся на поверхность, остывшая и затвердевшая магма образует *эффузивные* горные породы. Они весьма неоднородны по составу, могут быть высокопористыми и рыхлыми (туфы), в некоторых случаях обладают скрытокристал-

лической стекловидной структурой (обсидиан).

К магматическим горным породам относятся *граниты, сиениты, диабазы, базальты, габбро, порфиры, андезиты и ряд других*. Эти породы используются как строительные (туфы, лабрадориты и др.), абразивные (пемза) и теплоизоляционные (пемза, перлит) материалы, как сырьё для извлечения ценных компонентов. Например, из нефелиновых сиенитов извлекают *алюминий*. С кислыми магматическими породами связаны *руды олова, вольфрама, золота*; с основными – *титаномагнетит, медные руды*; с ультраосновными – *руды хрома, платины, никеля*, а со щелочно-ультраосновными – *руды титана, фосфора, циркония, редкоземельных элементов*.

Метаморфические горные породы образовались из магматических и осадочных пород при воздействии на них высокой температуры, давления и химически активных растворов. В результате такого воздействия в недрах литосферы изменяется минеральный состав, размер и текстура пород. Каждый минерал переходит в иное соединение, иной материал, устойчивый при новых условиях. Так, глины преобразовываются в глинистые сланцы, а последние превращаются в различные роговики; известняки переходят в мрамор, песчаники в кварциты. Метаморфические горные породы могут иметь сланцеватую или полосчатую текстуру (*сланцы, гнейсы*), а также массивную (*мраморы, кварциты, роговики*).

Осадочные горные породы образовались путём осаждения частиц вещества в водной среде или из атмосферы, а также в результате деятельности ледников и вулканов. Источником вещества для образования осадочных пород служат продукты выветривания магматических, метаморфических и более древних осадочных пород; растворённые в природных водах компоненты; газы и различные вещества, возникающие в результате жизнедеятельности организмов; вулканогенный материал, выбрасываемый при извержении вулканов; органические остатки растительного и животного происхождения. Для большинства этих пород характерна слоистая текстура и значительная пористость (трещиноватость). Их строение представлено в виде налегающих один на другой слоев, различающихся минеральным составом, цветом и физико-механическими свойствами. Способность пород расслаиваться при ведении горных работ оказывает существенное влияние на устойчивость и характер обрушения пород.

В зависимости от состава и генезиса (происхождения) осадочные горные породы делятся на механические или **обломочные** (*пески, песчаники, гравий, щебень, глины*); **химические** осадки, образующиеся при выпадении из растворов (*каменная соль, гипс, ангидрит, бораты, барит, руды железа, марганца, бокситы*), а также некоторых цветных и редких металлов (*медь, молибден, ванадий, уран*); **органогенные**, образовавшиеся вследствие жизнедеятельности организмов (*известняки, уголь, горючие сланцы, трепел, фосфориты, а также некоторые железные и марганцевые руды*).

Свыше **75%** всех полезных ископаемых, извлекаемых из недр Земли, заключено в осадочных горных породах.

В зависимости от количественного содержания полезных компонентов в породах, извлекаемых из-под земли, различают: чистое полезное ископаемое, руду и пустую породу.

Руда — минеральное вещество, из которого целесообразно извлекать полезные компоненты при современном уровне техники и экономики. Необходимость последующей переработки руды для извлечения содержащихся в ней полезных компонентов отличает руду от других видов полезных ископаемых, которые могут использоваться в природном состоянии без переработки: уголь, торф, каменная соль и др.

Пустая порода — горные породы, окружающие полезное ископаемое (вмещающие породы) или включенные в него, которые не являются объектом извлечения полезных компонентов.

По форме геометрического тела, образуемого полезным ископаемым в земной коре, все месторождения разделяют на *пластовые, линзообразные и жильные*.

Пластовые месторождения имеют стабильную мощность (толщину) и четкие контакты с вмещающими породами. Обычно они бывают осадочного происхождения.

Линзообразные месторождения имеют форму линзы, различные толщины и углы падения.

Жильные месторождения могут быть простыми и сложными (с невыдержанными элементами залегания и нечеткими контактами с вмещающими породами) или состоящими из ряда тонких жил и множества прожилков.

Пластом принято называть геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя приблизительно параллельными поверхностями и занимающее значительную площадь. Пласт имеет три измерения: **длину, ширину и толщину**, которые называют соответственно его **простираем, падением и мощностью**. Кроме того, различают линию простираения, линию и угол падения (рис. 1.2).

Линия простираения - линия (АВ), образующаяся при пересечении поверхности (почвы или кровли) пласта с горизонтальной плоскостью **Линией падения** называют линию (ВГ), образующуюся на поверхности пласта при пересечении ее вертикальной плоскостью, перпендикулярной к линии простираения. **Простираение пласта** - направление линии простираения. **Падение пласта**, или его наклон к горизонтальной плоскости, измеряется углом падения α , образованным линией падения и ее проекцией на эту плоскость.



Рисунок 1.2. Элементы залегания пласта.

В соответствии с нормативными документами все угольные пласты по мощности разделены на четыре группы.

Группы	Мощность, м
весьма тонкие	< 0,7
тонкие	0,71...1,2
средней мощности	1,21...3,5
мощные	>3,5

2. Плотностные свойства горных пород.

Плотностные свойства – это свойства, обусловленные действием гравитационного поля Земли и особенностями строения горных пород.

Они зависят главным образом от минералогического состава, структуры, текстуры, пористости и трещиноватости горных пород.

Структура (степень кристаллизации) – размеры, форма минеральных частиц и характер связей между ними. В зависимости от структуры все породы разделяют на полнокристаллические, неполнокристаллические, стекловатые, порфировые, обломочные.

Текстура (сложение) – ориентировка и пространственное расположение отдельных минеральных зерен или агрегатов минеральных зерен. Текстуру различают массивную, пористую и слоистую.

Пористость – совокупность всех пустот в горных породах, заключенных между минеральными частицами и их агрегатами.

Трещиноватость – совокупность трещин в горной породе.

В зависимости от характера внутренних связей между отдельными зернами и минеральными агрегатами выделяют следующие типы пород:

твердые породы, отличающиеся жесткой, упругой связью (скальные) или упругой и пластичной связью (полускальные). Скальные породы имеют наиболее прочные связи между минеральными зернами;

связные породы, для которых свойственны преимущественно водно-коллоидные связи между частицами;

несвязные (рыхлые) породы, характеризующиеся отсутствием каких-либо связей между частицами, находящимися в соприкосновении друг с другом.

текущие породы (пльвуны), которым в определенных условиях (отсутствие отпора) свойственна подвижность. Пльвуны состоят из твердой и жидкой фаз. Их часто относят к несвязным породам.

Особую группу составляют **мерзлые** горные породы, к которым относятся породы с отрицательной температурой и в составе которых имеется хотя бы не-

большое количество льда. В этой группе могут находиться любые породы: твёрдые, связные, рыхлые, пливуны.

В зависимости от длительности пребывания при отрицательной температуре породы подразделяются на сезонномерзлые и многолетнемерзлые. У сезонномерзлых пород мерзлое состояние продолжается не более одного сезона, а у многолетнемерзлых — от нескольких лет до тысячелетий.

В отличие от мерзлых горные породы, имеющие отрицательную температуру, но не содержащие в своем составе льда, называются *морозными*, или *охлажденными*.

В пределах России площадь, занятая многолетнемерзлыми породами, составляет более 10,5 млн. км², т. е. около 48 % территории страны. Общая площадь, занятая такими породами на земном шаре, составляет 35,07 млн км², или 24 % площади всей суши.

Основными параметрами плотностных свойств скальных и связных горных пород являются следующие: удельная масса (минералогическая плотность, плотность твёрдой фазы) ρ_0 , кг/м³; удельный вес γ_0 , Н/м³; объёмная масса (плотность) ρ , кг/м³; объёмный вес γ , Н/м³; пористость (общая) P , %.

Удельная масса породы (минералогическая плотность) – масса единицы объёма твёрдой фазы (минерального скелета) породы

$$\rho_0 = \frac{m_T}{V_T} \quad (1.1)$$

Величина ρ зависит от плотности входящих в породу минералов, которые условно в зависимости от ее величины подразделяются на тяжелые ($\rho > 4 \cdot 10^3$ кг/м³), средней плотности ($4 \cdot 10^3$ кг/м³ $> \rho > 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³) и легкие ($\rho < 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³).

Для характеристики плотности пород в условиях естественного залегания нередко пользуются таким свойством, как *объёмная масса* ρ , которая учитывает пористость породы и наличие в порах жидкости и газов помимо минерального скелета, кг/м³:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.2)$$

Сравнивая выражения (1.1) и (1.2), очевидно, что $\rho_0 > \rho$. Объёмная масса большинства пород изменяется от $1,5 \cdot 10^3$ до $3,5 \cdot 10^3$ кг/м³, причем меньшие ее значения свойственны осадочным, а более высокие — изверженным и метаморфическим породам.

В расчетах нередко используют удельный вес γ_0 и объёмный вес γ породы, который можно определить через удельную массу ρ_0 и объёмную массу ρ , Н/м³:

$$\gamma_0 = \rho_0 g \quad \text{и} \quad \gamma = \rho g; \quad (1.3)$$

где g – ускорение свободного падения.

Пористость горных пород выражается в отношении объема имеющихся в породе пор к её общему объёму, определяется по формуле

$$P = \frac{V - V_T}{V} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

В зависимости от значения пористости породы обычно подразделяются на мало- ($P < 5\%$), средне- ($P = 5 \dots 20\%$) и высокопористые ($P > 20\%$).

Наибольшей пористостью обладают осадочные породы (у известняков — $11 \dots 20\%$, песчаников — $15 \dots 19\%$) и меньшей — метаморфические и магматические (мрамор — 1% , гранит — $0,95\%$). Бывают исключения высокой пористости у эффузивных магматических пород, таких как туфы и трахиты (до $50 \dots 60\%$). Увеличение пористости снижает прочность породы, повышает ее влаго- и газопроницаемость.

Основными параметрами плотностных свойств рыхлых и разрыхленных горных пород являются следующие: насыпная масса ρ_n , кг/м³; насыпной вес γ_n , Н/м³; коэффициент разрыхления K_p , ед.; пустотность M , %.

Структурной особенностью этого типа пород является беспорядочное расположение кусков и частиц породы и значительные просветы между точками опоры.

Насыпная масса, насыпной вес, пустотность определяются по аналогичным формулам удельной массе, удельному весу и пористости для скальных и связанных пород.

Разрыхляемость — свойство горных пород увеличиваться в объеме при отделении их от массива. Степень разрыхляемости пород характеризуется коэффициентом разрыхления K_p , т.е. отношением объема разрыхленной породы V_p к ее объёму в массиве V :

$$K_p = \frac{V_p}{V} \quad (1.5)$$

Значение K_p всегда больше единицы и зависит от физико-механических свойств породы и способа отделения от массива. В горнорудной практике коэффициент разрыхления изменяется от $1,07-1,2$ (при отбойке на «зажатую среду») до $1,3-1,5$ (при отбойке на компенсационное пространство). Предельным значением разрыхления пород считается $1,8-2,2$ (при загрузке в откаточные сосуды).

Плотностные параметры скальных, связанных и рыхлых пород определяют в лабораторных условиях и по вышеприведенным формулам.

Знание плотностных и физико-механических свойств горных пород (Лекция №2) позволяет оценить эффективность различных способов разрушения пород, устойчивость выработок, правильно выбрать тип крепи, обосновать целесообразность применения того или иного способа проходки в целом, правильно планировать горные работы.

Тема. Свойства горных пород. Горное давление.

1. Механические свойства горных пород.

Перед производством горных работ породный массив находится в напряженном состоянии, которое в механике горных пород принято называть начальным. Это не значит, что он ненапряжен. Основным, или первичным, фактором, благодаря которому создается начальное поле напряжений, являются силы гравитации. Кроме этого параметры начального поля напряжений зависят от ряда вторичных факторов, таких как температурное поле, неотектонические процессы, рельеф земной поверхности, космические силы воздействия и т.п. При этом может случиться так, что влияние вторичных факторов превысит влияние первичных.

До тех пор, пока породный массив остаётся нетронутым (горные выработки не сооружены), дополнительные напряжения в нём не возникают. Как только порода внутри контура выработки вынута, напряжения в окружающих породах возрастают многократно, что может привести к их разрушению и смещению разрушенных блоков (кусков) в сечение выработки (рис.2.1).

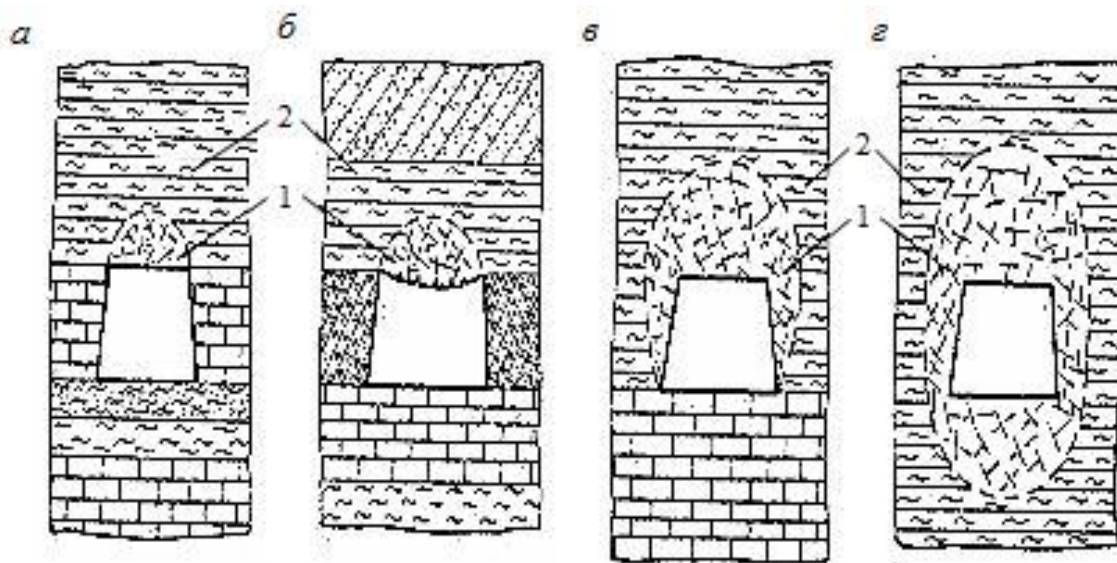


Рис.2.1. Возможные контуры разрушения пород вокруг горизонтальной выработки: а,б – в кровле; в – в кровле и с боков; г – в кровле, с боков и в почве.

1.1. Прочностные характеристики.

Механические свойства горных пород определяют их поведение под влиянием внешних нагрузок – усилий. Они проявляются и непосредственно оцениваются прочностью и деформируемостью горных пород.

Прочность – свойство горных пород (материалов) сопротивляться разрушению и образованию больших деформаций, то есть не разрушаться под действием определенной нагрузки.

Деформация – свойство материала под действием нагрузки изменять свою форму и объём.

Прочность материала может изменяться под влиянием различных факторов в широких пределах: они могут быть очень прочными, прочными, средней прочности, малой прочности и очень малой прочности. Разрушение горных пород чаще всего происходит сразу, без образования больших деформаций, то есть происходит хрупкое разрушение. Это характерно для скальных пород.

Прочность породы определяется величиной критических напряжений, при которых происходит её разрушение. Эти напряжения различны для разных пород и разных способов приложения нагрузки. Они называются **пределами прочности** (временными сопротивлениями) и определяются сопротивляемостью горной породы разрушению при приложении сжимающих, растягивающих, срезающих (сдвигающих) и изгибающих усилий. В связи с этим различают пределы прочности пород на сжатие R_c , растяжение R_p , срез (сдвиг) R_{cp} и изгиб $R_{изг}$.

Формулы для их расчёта идентичны и выглядят следующим образом:

$$R_c = \frac{P_c}{F}, \text{ МПа}; \quad R_p = \frac{P_p}{F}, \text{ МПа}; \quad R_{cp} = \frac{P_{cp}}{F_{cp}}, \text{ МПа} \quad (2.1)$$

где: P_c, P_p, P_{cp} – соответственно сжимающее, растягивающее и срезающее усилие, при котором происходит разрушение образца породы, Н;

F и F_{cp} – соответственно площадь сечения образца при сжатии (растяжении) и при срезе (сдвиге), по которой происходит воздействие при разрушении, м².

Предел прочности на одноосное сжатие. Среди прочностных характеристик этот параметр занимает особое положение. Это основная константа различных твердых материалов, в том числе и горных пород. Практически все геомеханические исследования начинаются с определения предела прочности на одноосное сжатие образцов горных пород.

В настоящее время имеется большое количество методов испытаний пород на одноосное сжатие, предложены различные способы определения этого показателя, разработаны многочисленные методические и нормативные указания.

Основным методом на сегодняшний день остаётся *метод одноосного сжатия образца правильной формы плоскими плитами*, а основным устройством, с помощью которого определяют эту характеристику, как правило, является гидравлический пресс (рис.2.2). Сущность метода заключается в измерении максимальной разрушающей силы, приложенной к торцам образца правильной формы через стальные плоские плиты. Максимальное усилие используемого пресса должно на 20...30% превышать ожидаемую предельную нагрузку на образец.

Горные породы в условиях одноосного сжатия, изгиба и растяжения обычно обладают высокой прочностью на сжатие и незначительной прочностью на растяжение, изгиб, сдвиг. При этом, как правило, во всех твёрдых породах выполняется соотношение:

$$R_c \gg R_{cp} \gg R_p \quad (2.2)$$

а при сравнении их абсолютных величин можно установить, что предел прочности пород на сжатие в зависимости от их внутреннего строения превышает предел прочности на растяжение в 5...10 раз (см. далее *коэффициент хрупкости*).

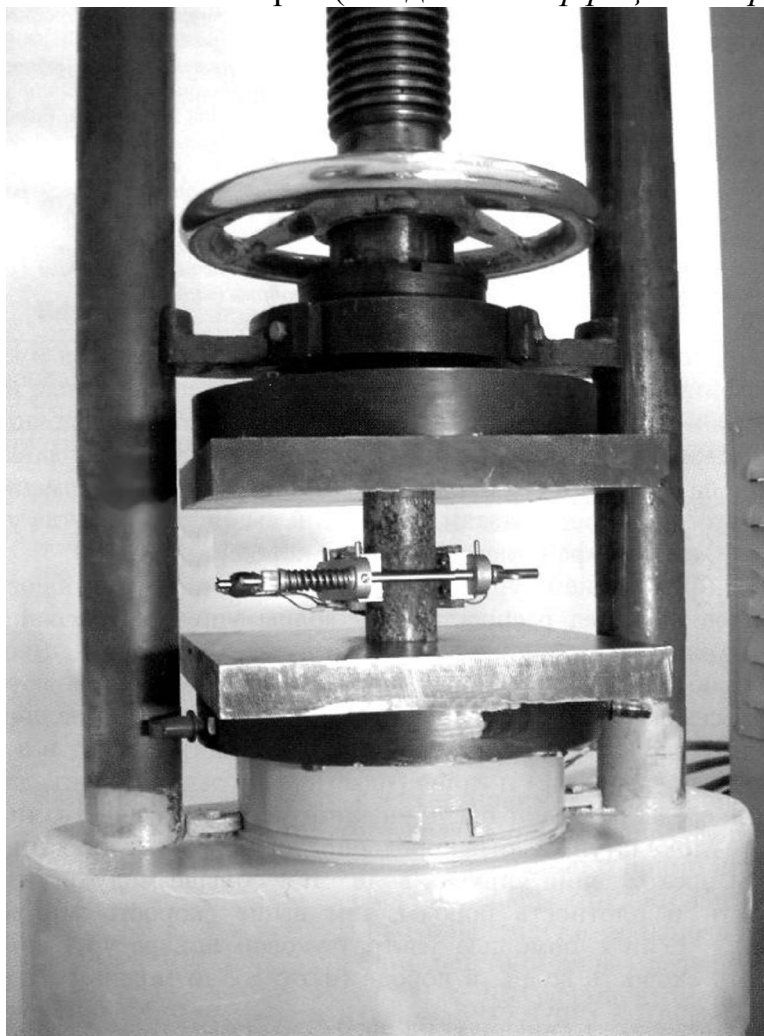


Рис.2.2. Общий вид гидравлического пресса для определения механических свойств образцов горных пород

Предел прочности пород на одноосное сжатие является одной из наиболее важных механических характеристик горных пород. Она была принята профессором М.М.Протодяконовым (1926 г.) за основу для классификации горных пород на классы в зависимости от коэффициента крепости f .

Для определения этого коэффициента М.М. Протодяконов пользовался результатами испытаний образцов горных пород на одноосное сжатие. Каждая единица крепости соответствует 10 МПа прочности на сжатие, т.е.

$$f = \frac{R_c}{10} \quad (2.3)$$

Следует иметь в виду, что в практике понятию «крепости» породы придается более широкое значение, чем прочности: понятие крепости применяется как к устойчивости обнажений пород, так и в отношении сопротивления пород при бурении, взрывном разрушении и т.п.

Крепость — относительная сопротивляемость породы внешним усилиям (при бурении, взрывании, резании и т. п.), обусловленная некоторой комбинацией элементарных сопротивлений растяжению, сжатию, сдвигу.

Классификацией М.М.Протодяконова и в настоящее время широко пользуются на практике для сравнительной оценки прочности (устойчивости) горных пород.

Таблица 2.1. Классификация горных пород по М.М. Протодяконову

Категория крепости породы	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости f
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты, базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец, менее крепкие, нежели указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
III	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк; мягкий конгломерат	4
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь, отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь, крепкий нанос, глинистый грунт	1,0
VIIa	То же	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лёсс и другие разжиженные грунты	0,3

Международное бюро по механике горных пород при немецкой академии наук в 1960 г. приняло классификационную шкалу прочности пород при одноосном сжатии в пределах от 3 до 300 МПа. А работы ИГД им. А.А.Скочинского показывают, что крепкие кварциты, роговики, джеспилиты, крепкие базальты, диабазы обладают прочностью на одноосное сжатие до 500 МПа, корундовые породы — до 800 МПа.

Для характеристики сил трения между частицами внутри массива вводится понятие *угла внутреннего трения* (удельного сцепления).

Угол внутреннего трения φ – это коэффициент пропорциональности между максимальными касательными и нормальными напряжениями при разрушении твердого тела. Он косвенно характеризует прочность связей отдельных частиц породного образца (или насыпного материала) между собой.

В осадочных, рыхлых породах угол внутреннего трения уменьшается с ростом содержания мелких фракций и глинистых частиц, способствующих взаимному сдвигению отдельных участков. По данным многочисленных исследований для большинства осадочных пород φ изменяется от 9-15° до 37-40°, а для прочных осадочных (плотные сланцы и песчаники) может достигать 50-70°. В твердых горных породах значение φ уменьшается с увеличением влажности и возрастанием давления. А также наблюдается возрастание φ с увеличением отношения R_c/R_p .

1.2. Упругие характеристики.

Теория упругости используется для определения напряжений при условии стабилизации деформаций под действием внешней нагрузки. В зависимости от скорости возрастания нагрузки породные образцы деформируются по-разному, в связи с чем достаточно условно говорят об их *упругих*, *хрупких* или *пластических* качествах пород.

Упругость – способность горных пород полностью восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки.

Упругие деформации возникают при нагрузке и исчезают при разгрузке со скоростью звука для данной среды (горной породы). Упругие свойства характерны для скальных пород, полускальные являются частично упругими, а в рыхлых обломочных несвязных и глинистых мягких связных породах упругие свойства имеют подчиненное значение.

Одним из проявлений упругости горных пород является *хрупкость*. А противоположной хрупкости характеристикой обычно считают *пластичность*.

Хрупкость – способность твердых горных пород легко разрушаться при статической нагрузке без заметных деформаций.

Пластичность – способность горных пород приобретать необратимые (остаточные) деформации после снятия нагрузки.

Почти все горные породы при существующих способах разрушения и скоростях приложения нагрузки разрушаются хрупко

Следует отметить, что деление горных пород на упругие и пластичные весьма условно: в зависимости от уровня и скорости приложения нагрузки одни и те же породные образцы проявляют как упругие, так и пластические свойства.

В этом смысле упругость, пластичность и хрупкость правильнее определять не как свойства, а как состояние горных пород.

Для количественной оценки хрупкости (пластичности) горных пород общепринятых критериев не существует. Одним из наиболее простых, но достаточно объективных, является предложение оценивать степень хрупкости различных материалов, в том числе и горных пород, посредством отношения величины предела прочности на одноосное растяжение R_p к величине предела прочности на одноосное сжатие R_c

$$\psi = \frac{R_p}{R_c} \quad (2.4)$$

Коэффициент хрупкости ψ изменяется от 0 до 1. При $\psi = 0$ имеет место идеальная хрупкость, при $\psi = 1$ - идеальная пластичность. Реальные же горные породы, как и иные твердые тела, занимают некоторое промежуточное положение. Например, для влажных глин $\psi = 0,9$, для аргиллитов $\psi = 0,33$, для крепких песчаников $\psi = 0,1$. Подавляющее большинство твердых пород имеют коэффициент хрупкости, равный, примерно, 0,1.

Способность горных пород упруго деформироваться характеризуется такими показателями, как модуль упругости (модуль Юнга) – E , коэффициент Пуассона – μ и модуль сдвига – G .

Модуль упругости – это отношение величины нормального напряжения σ к величине соответствующей продольной относительной деформации ε .

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.5)$$

Коэффициент Пуассона – это отношение относительной поперечной деформации ε' к относительной продольной деформации ε .

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (2.6)$$

Модуль сдвига зависит от двух предыдущих характеристик и определяется по следующей формуле:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (2.7)$$

Эти упругие константы определяются в процессе лабораторных испытаний горных пород. В ходе нагружения образцов регистрируют давление на него, а также его продольные и поперечные деформации (рис.2.2). По результатам испы-

таний вычисляют модуль упругости и коэффициент Пуассона пород. Для твердых тел, в том числе и горных пород модуль упругости E обычно изменяется от 10^3 до $5 \dots 7 \cdot 10^6$ МПа, а значение μ обычно колеблется от 0,1 до 0,4 (для сравнения: 0 – абсолютно жёсткое тело, 0,5 – жидкость).

2. Горнотехнологические свойства горных пород.

Помимо плотностных и физических свойств пород горных инженеров интересуют также их некоторые другие характеристики, знание которых позволяет грамотно оценивать технологические процессы горного производства и правильно подбирать горнопроходческое оборудование. Такие характеристики принято называть *горнотехнологическими свойствами горных пород*. К ним относятся: *кусковатость, абразивность, буримость, сопротивляемость резанию, взрываемость*.

Кусковатость (гранулометрический состав) – количественное соотношение (обычно в процентах) содержания кусков (зёрен, частиц) различной крупности в отделённой от массива горной массе или сыпучей горной породе. Крупность отдельного куска принято обозначать средним линейным размером или диаметром.

Абразивность – способность породы изнашивать контактирующие с ней поверхности горных машин или оборудования в процессе их работы. Ее оценивают по показателю абразивности, выражающему среднюю потерю в весе (в миллиграммах) тупого стального цилиндрического стержня при его истирании о породу во время вращения с определенными параметрами скорости за 10 минут при заданной осевой нагрузке. Все горные породы по абразивности разделяются на 8 классов. Обычно чем выше коэффициент крепости породы, тем больше показатель её абразивности.

Эффективность разрушения горных пород и угля существенно зависит от их сопротивляемости при механическом воздействии в процессах бурения шпуров и скважин и выемки полезного ископаемого, т.е. от буримости и сопротивляемости угля резанию.

Буримость – способность породы сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента. Ее характеризуют скоростью бурения (мм/мин), реже – продолжительностью бурения 1 м шпура (мин/м) при стандартных условиях проведения измерений для каждого типа буровой машины.

Сопротивляемость резанию – характеристика сопротивления, оказываемого горной породой (углём) разрушению режущим инструментом. За показатель сопротивляемости угля резанию A (кН/см) принято приращение силы резания на 1 см толщины стружки. Для пород в качестве критерия сопротивляемости резанию используют *показатель контактной прочности*, измеряемый в кН/мм^2 при вдавливании цилиндрического стального стержня в образец породы до момента ее хрупкого разрушения в стандартных условиях.

Взрываемость – характеристика сопротивления, оказываемого горной породой разрушению под действием взрыва заряда взрывчатого вещества (ВВ). Оценить взрываемость можно различными показателями: удельным расходом ВВ

(кг/м³); удельной затратой энергии ВВ (кДж/м³); максимальным значением линии наименьшего сопротивления (л.н.с.). По степени взрываемости горные породы применительно к крупномасштабной отбойке скважинными и шпуровыми зарядами ВВ делятся на легко-, средне-, трудновзрываемые, весьма трудновзрываемые и исключительно трудновзрываемые.

Совокупность природных и горнотехнологических свойств горных пород предопределяет правильный выбор технологии их разрушения. А знание этих основных свойств позволяет применять наиболее эффективные и безопасные способы разрушения пород, технологии сооружения и виды крепления горных выработок.

3. Горное давление.

Горное давление – это силы (напряжения), возникающие в массиве пород, окружающих горную выработку, в результате действия гравитации, тектоники, изменения температуры земной коры и развивающиеся при перераспределении напряжений, вызванных ведением горных работ.

Наиболее общей формой проявления горного давления является деформирование горных пород, которое приводит к потере ими устойчивости и разрушению, формированию нагрузки на крепь, динамическим явлениям (горным ударами, внезапным выбросам).

Величина горного давления зависит от глубины расположения выработки, физико–механических свойств горных пород, мощности и угла залегания пластов, размера поперечного сечения выработки, способов выемки угля и породы, механической характеристики крепи и многих других параметров.

При проведении горных выработок предварительно рассчитывают горное давление для определения прочности несущих элементов подземных сооружений (стен выработок, целиков, крепей) и выбора способа управления горным давлением.

Основные **методы определения горного давления** — аналитический (расчёты), моделирование (оптическое и эквивалентными материалами) и натурные наблюдения.

Гипотез возникновения и методов расчёта горного давления существует множество. Исследователи Турнер, Протождяконов, Динник, Шевяков, Руппенейт, Шемякин и др. внесли свой вклад в горную науку, а по их методикам расчёты выполняются и сегодня.

Горное давление в ненарушенном (нетронutom) массиве. Если рассматривать массив, в котором ещё нет горных выработок, как однородный и изотропный с горизонтальной поверхностью и учитывать лишь гравитационные силы, то в нём будут действовать следующие начальные нормальные напряжения:

$$\text{по вертикали} \quad \sigma_z = \gamma H, \text{ МПа}; \quad (2.8)$$

$$\text{по горизонтали} \quad \sigma_x = \sigma_y = \lambda \gamma H, \text{ МПа}; \quad (2.9)$$

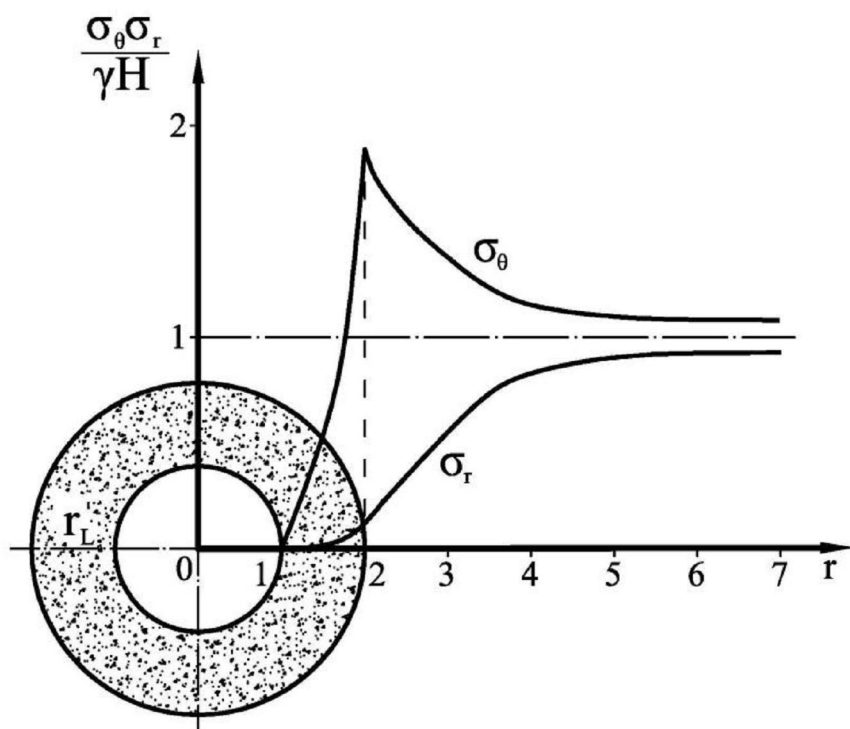
где H — глубина от поверхности, м;

γ — объёмный вес, Н/м³; λ — коэффициент бокового распора.

В период проведения и после проведения горной выработки горное давление, а также нагрузка на крепь (часть горного давления, воспринимаемая крепью), имеет различные величины. Вначале оно возрастает в течение нескольких суток, достигая некоторой максимальной величины. Горное давление в этот период времени называют *неустановившимся горным давлением*.

После этого наступает период, когда горное давление становится постоянным, сохраняя максимальную величину или даже несколько уменьшаясь. В этот период сдвигание окружающих выработку пород прекращается, так как породы, взаимодействуя с крепью, приходят в состояние равновесия. Давление на крепь в этот период называют *установившимся горным давлением*.

При расчете и выборе крепи выработки, а в дальнейшем для поддержания её в рабочем состоянии, важно знать параметры таких видов проявлений горного давления, как *смещение* окружающих горных пород в выработку и их давление (*нагрузка*) на крепь, а также их изменения во времени. С этой целью выполняются анализ и оценка горно-геологических условий и прогнозирование ожидаемых величин смещения породного контура. На рис.2.3 приведены графики изменения напряжений в породном массиве в зависимости от удаленности от выработки и зоны неупругих деформаций (случай слабых пород – *пояснить по графику*).



В слабых породах, склонных к большим смещениям, крепь должна обладать повышенной конструктивной **податливостью** (*пояснить*) и достаточно высоким сопротивлением. В прочных, устойчивых породах достаточно применить легкие ограждающие крепи.

Рис. 2.3. Распределение напряжений вокруг выработки при образовании зоны неупругих деформаций

Существенное значение для работоспособности крепи имеет ее форма, особенно для выработок, находящихся в сложных горно-геологических условиях. Чем ближе форма крепи (и выработки) к окружности, тем лучше происходит восприятие проявлений горного давления. Поэтому в условиях всестороннего горного давления предпочтительной является **кольцевая форма крепи** или близкая к ней (арочная, арочная с обратным сводом, эллиптическая).

Тема. Горное предприятие.

1. Понятие горного предприятия.

Добычу полезного ископаемого осуществляет **горное предприятие** — самостоятельная производственная единица, осуществляющая эксплуатационную разведку, добычу и обогащение полезных ископаемых.

Горное предприятие, производящее добычу и первичное обогащение полезных ископаемых, называется горнодобывающим. Существуют следующие виды горнодобывающих предприятий: шахта, рудник, карьер, разрез, прииск, промысел.

Шахта — горное предприятие, предназначенное для добычи угля (или сланца) подземным способом.

Рудник — горное предприятие, служащее для подземной добычи руд, горнохимического сырья и строительных материалов.

Карьер — горное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых открытым способом. Карьер по добыче угля часто называют **разрезом**.

Прииск — горное предприятие по разработке россыпных месторождений (золота, алмазов, олова и др.).

Промысел — горное предприятие по разработке жидких и газообразных полезных ископаемых (нефтяной промысел).

В понятие шахты как самостоятельной производственно-хозяйственной единицы включают наземные сооружения и совокупность подземных горных выработок.

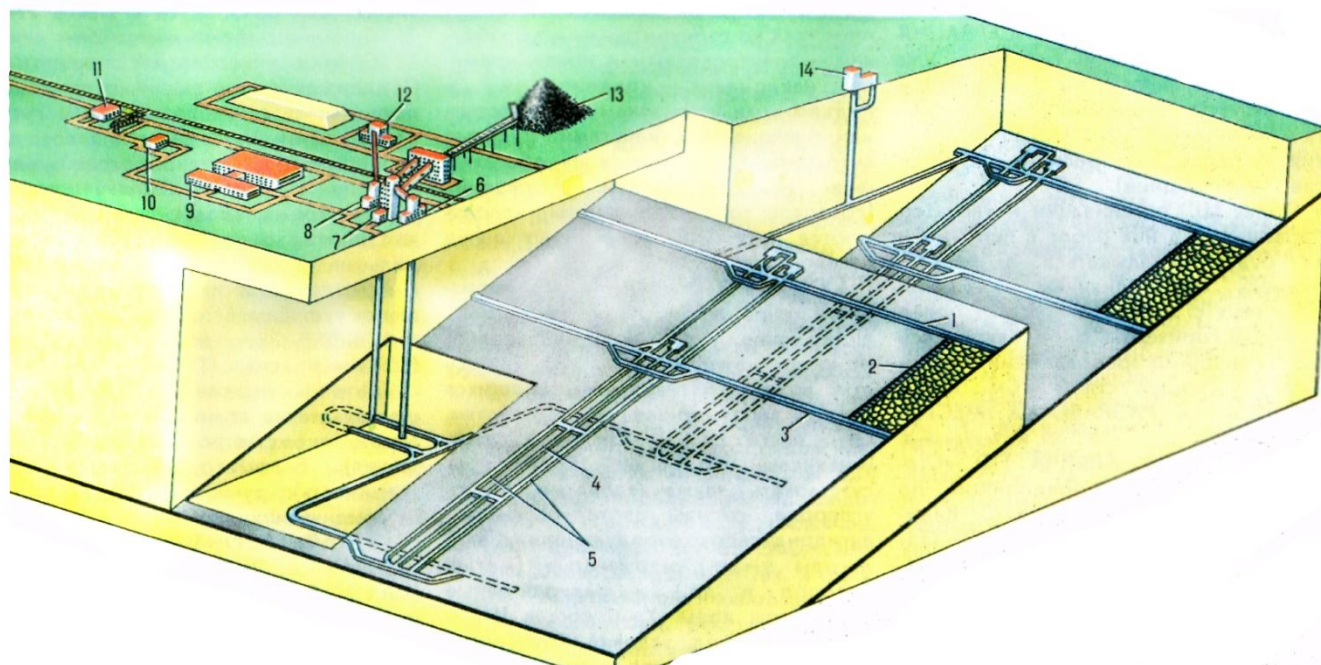


Схема шахты, разрабатывающей пологие угольные пласты, вскрытые вертикальными стволами и капитальным квершлагом при наличии третьего (вентиляционного) ствола: 1 — вентиляционный штрек; 2 — очистной забой; 3 — откаточный штрек; 4 — бремсберг; 5 — ходки; 6 — сооружения главного ствола; 7 — здание сортировки; 8 — сооружения вспомогательного ствола; 9 — административное здание; 10 — электроподстанция; 11 — лесной склад; 12 — породный бункер; 13 — аварийный склад угля; 14 — сооружения второго вентиляционного ствола.

Рис. 3.1. Схема угольной шахты

Полезное ископаемое залегает как вблизи поверхности, так и глубоко под землей. В зависимости от этого и других факторов уголь добывают открытыми или подземными способами. При открытом способе добыча производится с поверхности земли, в разрезах, при подземном — из горных выработок, в шахтах.

Шахта характеризуется качественными и характеристиками и количественными показателями. Первые включают сведения, которые могут быть описаны, например: способ вскрытия, системы подготовки шахтного поля и разработки угольного пласта. Количественные показатели выражаются посредством чисел: например, балансовые и промышленные запасы, мощность шахты, срок ее службы и др.

2. Основные параметры шахты

Производственная мощность и срок службы являются основными количественными характеристиками, определяющими тип шахты. Производственная мощность шахты предопределяет не только количественные параметры всего технологического комплекса, но и основные технико-экономические показатели работы шахты.

Производственная мощность шахты - это количество полезного ископаемого в тоннах, добываемого в единицу времени (сутки, год). Различают проектную и фактическую производственную мощность шахты.

Срок службы (существования) шахты равен периоду, в течение которого отрабатываются промышленные запасы угля в пределах шахтного поля.

Между промышленными запасами Z_{np} , годовой производственной мощностью шахты A_r и сроком ее службы T_p существует следующая зависимость:

$$Z_{np} = A_r \cdot T_p.$$

При правильной конфигурации шахтного поля промышленные запасы угля в шахтном поле определяются по формуле

$$Z_{np} = SH\Sigma PC_o,$$

где S — размер шахтного поля по простиранию, м;

H — размер шахтного поля по падению, м;

ΣP — суммарная производительность рабочих пластов в шахтном поле, т/м²;

C_o — общий коэффициент извлечения угля в шахтном поле.

Суммарная производительность пластов в шахтном поле равна

$$\Sigma P = m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2 + \dots + m_n \gamma_n,$$

где m_i — мощности рабочих пластов в шахтном поле, м;

γ_i — плотность угля соответствующих пластов, т/м³.

Определение производственной мощности шахты является одной из важнейших задач при ее проектировании. Окончательно рекомендуется принимать типовое значение производственной мощности шахты из следующего ряда: 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6; 4,5; 6,0 млн.т в год.

Расчетный срок службы шахты мощностью более 1,8 млн.т в год рекомендуется принимать не менее 50—60 лет.

Между годовой A_r и суточной A_c мощностями шахты существует следующая зависимость:

$$A_r = 300 A_c,$$

где 300 — число рабочих дней шахты по добыче в году.

После выполнения разведочных и проектных работ, для того, чтобы приступить к извлечению полезного ископаемого, независимо от способа его добычи, необходимо произвести вскрытие и подготовку месторождения, а в целом: «Совокупность работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке твердых полезных ископаемых называется **подземной разработкой месторождения**».

Вскрытием называют обеспечение доступа с поверхности земли к месторождению (или его части) посредством проведения горных выработок для создания условий подготовки полезного ископаемого к выемке. Главная цель вскрытия заключается в создании транспортных связей между очистными забоями — местом основной добычи полезного ископаемого и пунктом приема его на поверхности, в обеспечении условий для безопасного перемещения людей, а также комфортных условий на рабочем месте. При этом под транспортными связями подразумеваются не только транспортирование горной массы и доставка людей к рабочим местам и обратно, но и транспортирование вспомогательных материалов, сбор воды в шахте и откачка ее на поверхность, подача свежего воздуха к очистным и подготовительным забоям, отвод исходящей струи на поверхность и др.

Подготовкой называют проведение подготовительных выработок после вскрытия месторождения, обеспечивающих условия для ведения очистной выемки.

Очистная выемка — комплекс работ по извлечению (добыванию) угля в очистном забое. Очистная выемка составляет сущность подземной разработки и включает комплекс процессов по отделению угля от массива, доставки его к месту погрузки в транспортные средства, креплению и поддержанию рабочего пространства.

Добыча угля в очистном забое невозможна без выполнения в шахте других работ: *проветривания, водоотлива, транспортирования угля и породы, подъема их на поверхность* и др.

Шахтная вентиляция. Для обеспечения всех выработок шахты свежим воздухом, содержащим кислорода не менее 20 % (по объему), удаления метана и других вредных газов, а также пыли шахта непрерывно проветривается. Свежий воздух в шахту подается по одному из стволов, а по другому - загрязненный воздух выбрасывается в атмосферу. Перемещение воздуха по горным выработкам обеспечивается вентилятором главного проветривания, устанавливаемым на поверхности земли рядом с одним из стволов. Шахтная пыль вредна для здоровья человека, при длительном её вдыхании может привести к профессиональным заболеваниям — силикозу, антракозу. Кроме того, угольная пыль в смеси с воздухом образует взрывчатую смесь. Метан — пожаро- и взрывоопасен.

Водоотлив. При ведении горных работ из пласта и пород в выработки шахты поступает вода, которая по специальным канавкам стекает в водосборник, расположенный в околоствольном дворе. Откачка воды из шахты производится насосами по трубам, насосы располагают в камере центрального водоотлива.

Шахтный транспорт обеспечивает доставку угля из очистных забоев в откаточные выработки, транспортирование по выработкам угля и породы, материалов, оборудования, перевозку людей. По горизонтальным и наклонным выработкам транспортируют уголь и породу ленточными конвейерами или в вагонетках. Транспортирование грузов в вагонетках по рельсовым путям называют откаткой и производят поездами посредством электровозов или лебедок (канатная откатка). Электровозы могут быть контактные (питание двигателей от контактного провода) и аккумуляторные (двигатели получают энергию от аккумуляторных батарей). В наклонных выработках применяют и канатную откатку. Для транспортировки материалов в последние годы активно применяют дизелевозы. Со всех выработок уголь и порода поступают в околоствольный двор, а затем выдаются на поверхность по стволам подъемными установками.

Околоствольный двор – это комплекс горных выработок, непосредственно примыкающий к стволу и предназначенный для обеспечения подземных функций горного предприятия и связи шахтного ствола с протяженными выработками. Выработки околоствольного двора отнесены к капитальным выработкам и срок их службы равен сроку службы горизонта или шахты.

Общая компоновка выработок околоствольного двора приведена на рис. 3.2.

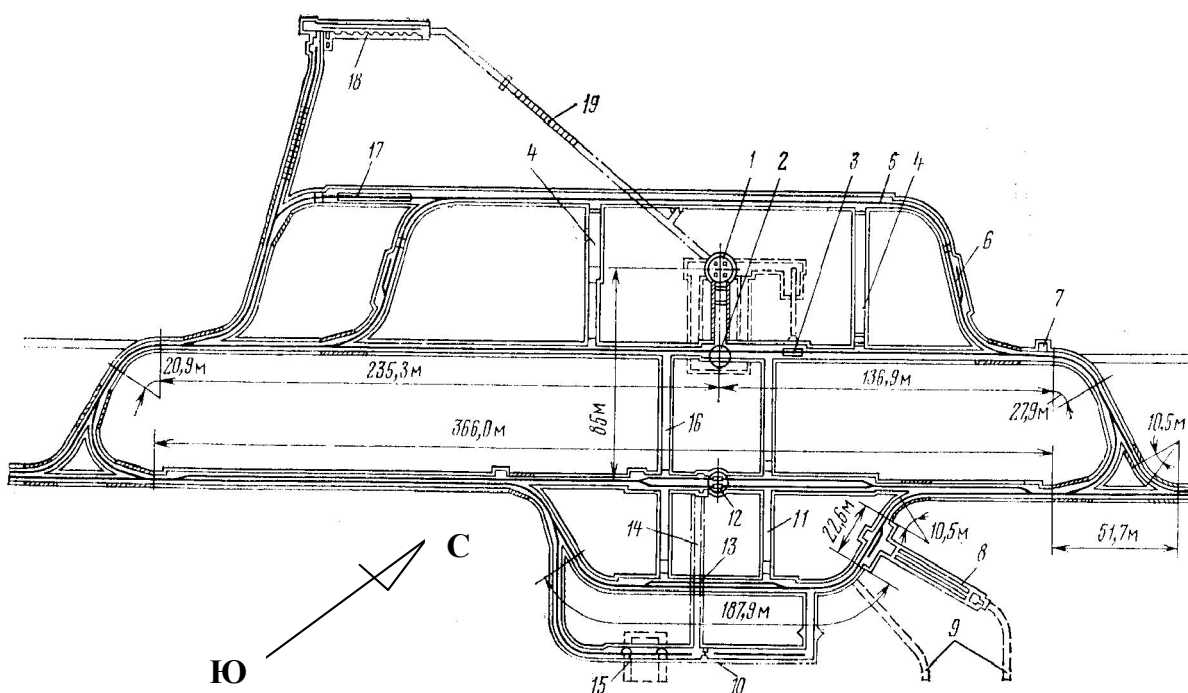


Рис. 3.2. Схема кольцевого околоствольного двора:

1 – скиповый ствол; 2 – угольная разгрузочная яма; 3 – породная разгрузочная яма; 4 – преобразовательная подстанция; 5 – зарядная камера; 6 – место стоянки запасных электровозов; 7 – санузел; 8 – осветляющие резервуары; 9 – водосборники; 10 – центральная электроподстанция; 11 – камера ожидания; 12 – клетевой ствол; 13 – место посадки людей; 14 – водотрубный ходок; 15 – насосная камера; 16 – сбойка между стволами; 17 – ремонтная мастерская; 18 – склад ВМ; 19 – ходок для проветривание склада ВМ

3. Горный и земельный отвод. Технологический комплекс поверхности шахты

Горный отвод — часть недр, предоставленная предприятию или организации для промышленной разработки содержащихся в ней залежей полезных ископаемых. Горный отвод не дает право на использование поверхности в его границах, т. е. площадь горного отвода не отождествляется с площадью земельного отвода, а определяется производственной мощностью и сроком службы горного предприятия. Предоставление и оформление горного отвода осуществляют органы Госгортехнадзора.

Для строительства наземной части горного предприятия выделяется **земельный отвод** — участок земельной площади, предоставленный в пользование предприятию или организации с определенным целевым назначением.

Технологический комплекс поверхности шахты состоит из зданий, сооружений и оборудования. Это сложное инженерное сооружение с применением большого объема в десятки тысяч кубических метров бетона, металлоконструкций, оборудования, насыщенных сложными системами автоматики. Затраты на его сооружение достигают до 50% от общих затрат на строительство шахты.

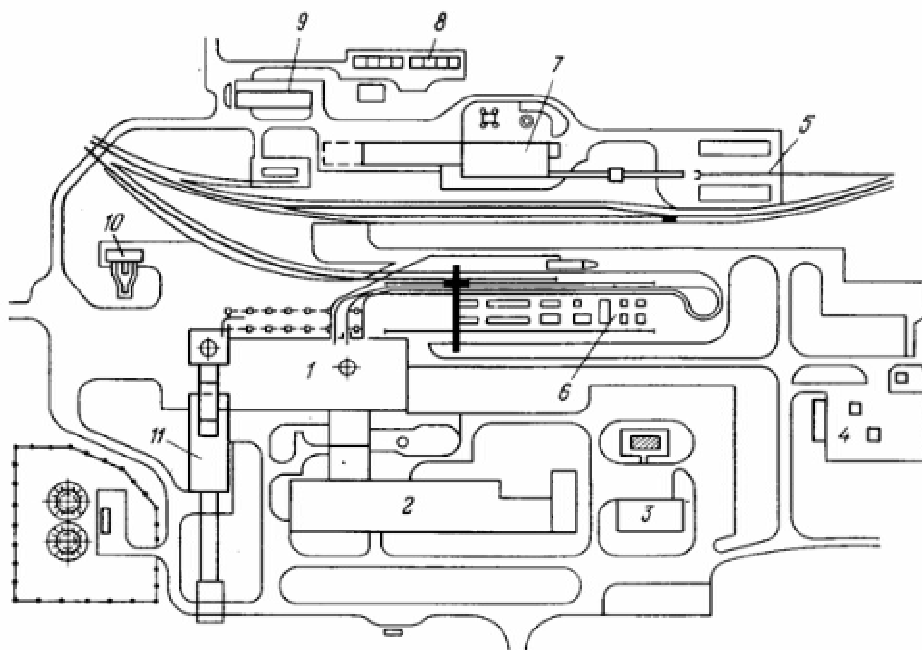


Рис. 3.3. Схема компоновки технологического комплекса поверхности шахты «Шахтерская Глубокая»:

1 – блок главных стволов; 2 – административно-бытовой комбинат; 3 – столовая; 4 – поверхностная электроподстанция; 5 – котельная; 6 – станция отгрузки и склады текущего расхода; 7 – блок энергетических установок; 8 – градирня; 9 – здание компрессорной установки; 10 – здание главной вентиляционной установки; 11 – комплекс загрузки канатной дороги; 12 – противопожарные резервуары.

Поверхность шахты может иметь различную компоновочную схему, которая бы наилучшим образом учитывала функциональное назначение зданий и сооружений. В функции технологического комплекса поверхности шахты входит: проветривание шахты; подача в шахту электроэнергии; подача в шахту сжатого воздуха;

подача в шахту тепла; спуск материалов и оборудования; спуск и подъем людей; приемка полезного ископаемого и породы; сортировка и обогащение полезного ископаемого; временное хранение продукции и отправка ее потребителям; отвалообразование пустых пород; подготовка закладочных материалов; подготовка технологической воды (гидрошахты); ремонт горных машин и оборудования; складирование материалов, изделий и механизмов; обслуживание рабочих шахты; обеспечение работы административно-управленческих и инженерно-технических служб.

Генеральный план поверхности шахты создается с учетом рельефа поверхности, схемы вскрытия шахтного поля и поточности технологического процесса транспорта до потребителя и места формирования породного отвала.

При составлении генерального плана должны соблюдаться требования: технологической схемы производственного процесса; максимальная блокировка зданий и сооружений по технологическому признаку; компактное размещение зданий, сооружений, инженерных сетей и дорог с учетом санитарных и противопожарных требований; устройство необходимых автопроездов к каждому объекту по дороге с твердым покрытием; создание единого архитектурного ансамбля путем целесообразного размещения и взаимного сочетания участков промышленной площадки, предшахтной территории и прилегающих промышленных районов; возможность расширения отдельных зданий путем резервирования у блоков участков, не входящих в необходимые интервалы; устройство отвалов, водохранилищ и утилизация отходов горного производства в строительной индустрии за пределами промплощадки и санитарной зоны в сочетании с рельефом местности, розы ветров и возможности вовлечение земли в сельское хозяйство; размещение зданий и сооружений за границей расчетной зоны сдвижения пород и породных отвалов; размещение складов угля, породопогрузочных пунктов и других объектов с интенсивным пылеобразованием на расстоянии не менее 100 м от воздухозаборных сооружений шахты с подветренной стороны; размещение складов лесных материалов на расстоянии не менее 80 м от воздухоподающих стволов; обеспечение удобного примыкания подъездных путей к ближайшей железнодорожной станции или пути; устройство площадок для общественного и личного транспорта вблизи административно-бытового комбината; прокладка инженерных сетей и коммуникаций в общих проходных туннелях и каналах, располагая их рядом, преимущественно, с автопроездами и параллельно зданиям; устройство закрытых ливневых канализаций для отвода воды с промплощадки шахты; обеспечение комплекса мероприятий по очистке шахтных вод и охране окружающей среды.

Тема. Горные выработки.

1. Наименование, назначение и классификация горных выработок.

Горная выработка – полость в толще земных пород, созданная искусственным путем в результате горных работ.

Горные выработки предназначены для транспортирования полезного ископаемого, материалов и оборудования, для вентиляции и водоотлива, для передвижения людей, для установки машин и механизмов, для размещения складов, для добычи полезного ископаемого.

Горные выработки разделяются:

I - по назначению (разведочные и эксплуатационные);

II - по положению относительно земной поверхности (открытые, подземные);

III - по положению в пространстве (вертикальные, наклонные, горизонтальные).

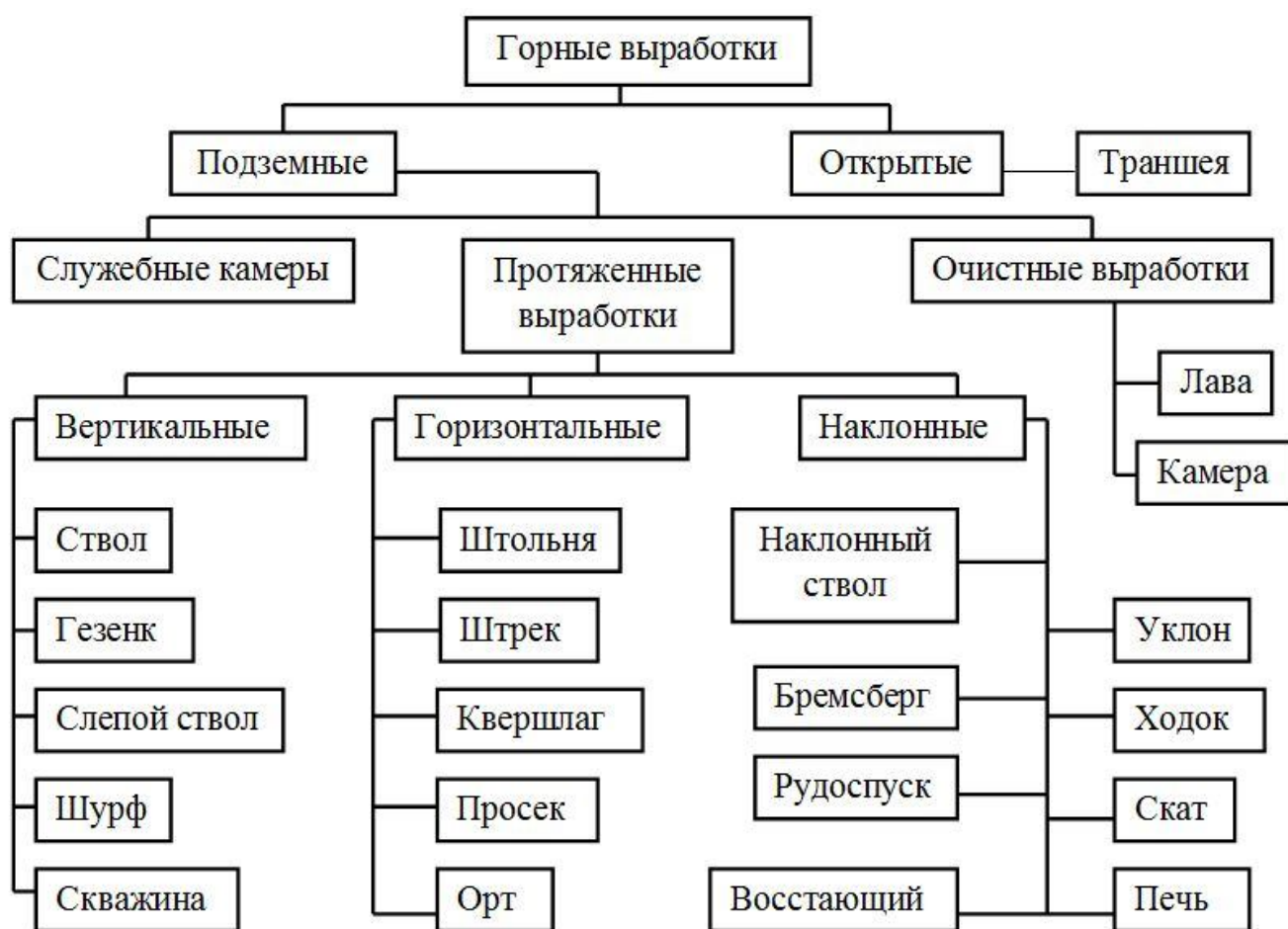


Рис. 4.1. Классификация горных выработок

Разведочные горные выработки сооружаются с целью определения контуров месторождения полезного ископаемого, числа пластов, установления элементов и условий залегания полезного ископаемого, его качества, запасов и т. п., а также получение сведений о возможности и целесообразности промышленной

разработки месторождения. К разведочным горным выработкам относятся траншеи, шурфы, штольни, буровые скважины, разведочные квершлагги, штреки, уклоны, орты, гезенки и др. Большинство разведочных выработок по условиям их проведения, крепления и некоторым другим параметрам в принципе не отличается от соответствующих эксплуатационных выработок (исключение – срок службы).

Эксплуатационные горные выработки - выработки, необходимые для разработки месторождения. Эксплуатационные выработки кроме своего основного назначения выполняют функции детальной разведки, уточняя и дополняя горно-геологическую характеристику разрабатываемого месторождения.

К **открытым** горным выработкам относятся траншеи (разведочные, въездные, пионерные, водопускные и др.), экскаваторные заходки на угольных разрезах, нагорные каналы, дорожные выемки, каналы-лотки для пропуска весенних и паводковых вод, котлованы и обвалования для создания отстойников и емкостей для воды.

Подземные горные выработки, в свою очередь, по своему назначению делятся на вскрывающие, подготовительные и очистные. К **вскрывающим** относятся основные выработки, вскрывающие запасы в шахтном поле (стволы, штольни, главные квершлагги). **Подготовительные** – это выработки, проводимые при подготовке отдельных частей шахтного поля к очистной выемке. **Очистными** называют выработки, служащие для непосредственной выемки полезного ископаемого.

Если горную выработку пересечь плоскостью, перпендикулярной к ее продольной оси, получится её **поперечное сечение**. Выбор формы поперечного сечения зависит от горно-геологических условий, назначения выработки, материала крепи, срока службы и некоторых других факторов. Нижняя часть периметра поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок называется почвой выработки, верхняя – кровлей выработки, боковые стороны - боками выработки.

Наиболее распространённые формы поперечного сечения горизонтальных и наклонных горных выработок следующие (рис.4.2):

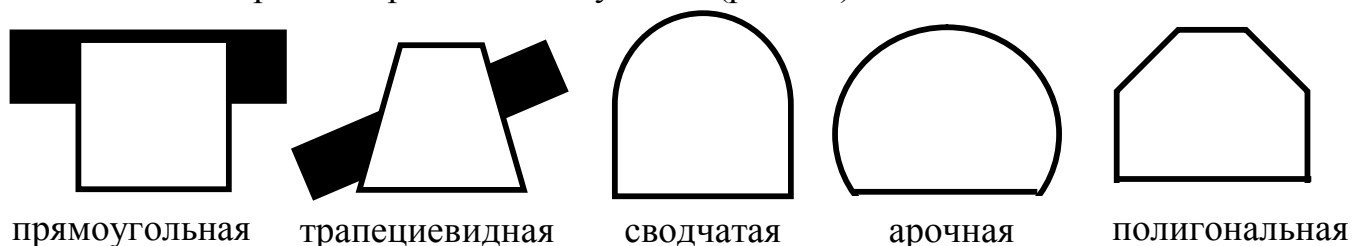


Рис.4.2. Формы поперечного сечения горных выработок.

Устьем выработки называется место начала её проведения.

Забоем выработки называется место разрушения массива горных пород по её сечению. Примыкающая к забою часть выработки, где непосредственно ведутся работы по её проведению, представляет собой **призабойное пространство**.

Место соединения нескольких выработок (чаще двух, реже трех) называют **сопряжением** горных выработок.

2. Характеристика вертикальных, горизонтальных и наклонных горных выработок.

Вертикальные

Ствол – вертикальная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ. В зависимости от назначения ствола бывают главными, вспомогательными, вентиляционными, воздухоподающими.

Главный ствол - служит для подъема полезного ископаемого на поверхность и других целей.

Вспомогательный – служит для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, выдачи породы, подвода электроэнергии, сжатого воздуха, воды.

Воздухоподающий, вентиляционный – служат соответственно для подачи в шахту свежего или отвода из шахты загрязненного воздуха.

Все стволы оборудуют механизированным подъемом.

Шурф – неглубокая вертикальная выработка, имеющая выход на поверхность. Служит для вентиляции и других вспомогательных целей. Шурфы используют как запасные выходы.

Гезенк - выработка, не имеющая выхода на поверхность. Служит для спуска угля из вышележащих выработок под действием собственного веса, передвижения людей, вентиляции, подвода электроэнергии и др.

Слепой ствол - выработка, не имеющая выхода на поверхность. Предназначена для подъема угля, вентиляции, спуска-подъема людей, оборудования, подвода электроэнергии, воды и др.

Скважина - выработка, пройденная путем бурения, диаметром более 75мм и длиной более 5 м. Скважины бывают вентиляционными, лесоспускными, доставочными и др. Скважины бурят как с поверхности, так и из горных выработок. Направление скважин может быть не только вертикальное. Бывают и наклонные, и горизонтальные. Основные скважины в шахте – вертикальные.

Горизонтальные

Тоннель — выработка, имеющая выход на поверхность с двух концов. Это сквозная выработка, служащая для транспортных целей.

Штольня — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для разведки или вскрытия месторождения полезного ископаемого.

Квершлаг — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая вкрест простирания горных пород.

Штрек — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по простиранию горных пород.

Штреки бывают *главные, откаточные, вентиляционные, промежуточные, конвейерные* и пр. Штреки, проведенные по пустым породам, называются *полевыми*.

Просек — горизонтальная горная выработка, проводимая параллельно штреку обычно без подрывки боковых пород, предназначенная для осуществления нарезных работ или проветривания штреков в период их проходки. На тонких пластах осуществляют присечку боковых пород.

Орт — горизонтальная горная выработка, проводимая в мощных пластах или рудных залежах в пределах их горизонтальной мощности.

Сбойка — горизонтальная (или наклонная) выработка небольшой длины, проводимая между расположенными рядом двумя наклонными (или горизонтальными) выработками.

Форма поперечного сечения горизонтальных выработок может быть различной — прямоугольной, трапециевидной, косоугольной, сводчатой, круглой и пр. (см. рисунок выше по тексту).

Камерами называют горные выработки, имеющие значительные размеры поперечного сечения, но сравнительно небольшую длину, и предназначенные для установки в них машин, электрооборудования и других целей. В зависимости от назначения камеры имеют свои наименования, обычно их устраивают в околоствольном дворе.

Горизонтальные выработки имеют наклон не более 3° , который необходим для отвода воды самотеком.

Наклонные

Наклонный ствол - выработка, имеющая выход на поверхность. Предназначен для подъема полезного ископаемого на поверхность, вентиляции, водоотлива, подвода электро- и пневмоэнергии, доставки оборудования, передвижения людей.

Бремсберг - выработка, не имеющая выхода на поверхность, пройденная по падению или по восстанию пласта, служащая для транспортировки полезного ископаемого сверху вниз, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей, доставки оборудования.

Уклон - выработка, не имеющая выхода на поверхность, пройденная по падению или по восстанию пласта, служащая для транспортировки полезного ископаемого снизу вверх, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей и доставки оборудования.

Ходок - выработка, не имеющая выхода на поверхность, пройденная параллельно бремсбергу (уклону) на расстоянии 20-40 м, служащая для передвижения людей, доставки материалов и оборудования, вентиляции и других целей.

Скат - выработка, не имеющая выхода на поверхность, пройденная по падению пласта, служащая для спуска полезного ископаемого сверху вниз под действием собственного веса. Скат сооружают для движения угля или породы вниз самотеком.

Печь - выработка, не имеющая выхода на поверхность, проводимая по пласту, предназначенная для монтажа очистного оборудования, проветривания, передвижения людей и грузов, подвода электро- и пневмоэнергии. Печь, предназначенная для монтажа очистного оборудования, называется разрезной.

Рудоспуск - горная выработка, не имеющая выхода на поверхность, предназначенная для транспортировки руды (угля) под собственным весом из рабочей зоны рудника (шахты) на расположенный ниже транспортный горизонт. Рудоспуски могут быть вертикальными.

Восстающий - горная выработка, проводимая по восстанию залежи (пласта) и служащая для проветривания, передвижения людей, спуска полезного ископаемого или породы, доставки материалов и оборудования, подачи энергии и воды. Восстающий может иметь вертикальное направление.

Показать выработки на рис.4.3.

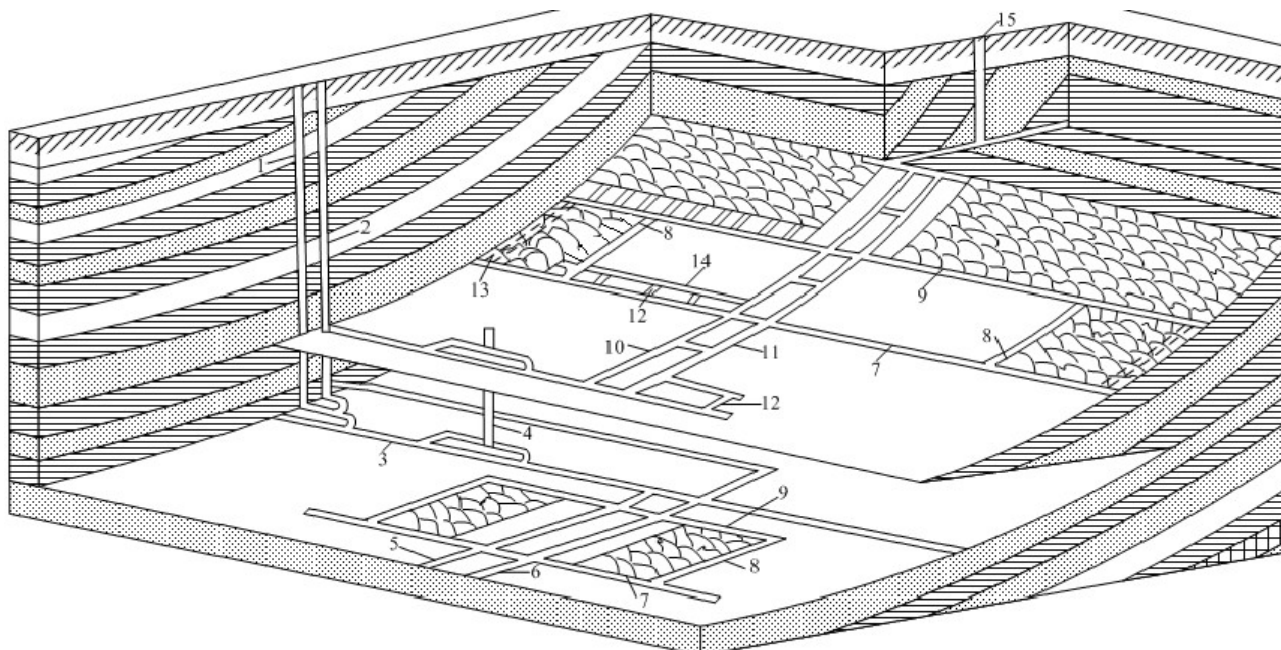


Рис. 4.3. Схема горных выработок в шахте:

1 и 2 - шахтные вертикальные стволы, 3 – главный транспортный штрек, 4 - гезенк, 5 – уклон, 6 – ходок при уклоне, 7 - транспортные штреки, 8 - лавы, 9 – вентиляционные штреки, 10 - ходок при бремсберге, 11 - бремсберг, 12 - сбойка, 13 - разрезные печи, 14 - просек, 15 – шурф.

3. Способы вскрытия шахтных полей. Варианты расположения вертикальных стволов.

Способ вскрытия - это качественная характеристика шахты, отражающая вид и взаимное расположения главных и вспомогательных выработок, проводимых для создания доступа с поверхности земли к шахтному полю или к его части.

Способ вскрытия зависит от геологических, горнотехнических и экономических факторов: формы и размеров шахтного поля, мощности и угла падения пластов, числа рабочих пластов в шахтном поле и расстояния между ними, глубины залегания пластов от поверхности и ее рельефа, нарушенности месторождения и газоносности пластов, производственной мощности шахты и срока ее службы, марочного состава угля и применяемой техники. Учет влияния перечисленных факторов должен быть комплексным.

Выбранный способ вскрытия должен обеспечивать максимальную производительность труда при минимальной себестоимости 1 т угля.

Различают **три типа главных вскрывающих выработок**: вертикальные стволы, наклонные стволы и штольни. Поскольку главных вскрывающих выработок должно быть не менее двух, возможны комбинации этих выработок, например вертикальных и наклонных стволов.

Вскрытие шахтных полей вертикальными стволами является наиболее универсальным и распространенным, его применяют независимо от числа рабочих пластов в шахтном поле, мощности и угла падения этих пластов, мощности наносов и глубины разработки, производственной мощности шахты и т. д.

При комбинированных способах вскрытия применяют разнотипные главные вскрывающие выработки, например вертикальные и наклонные стволы. Наклонный ствол используют для выдачи угля на поверхность, а вертикальный — для спуска-подъема людей, грузов и пр.

При вскрытии штольнями применяют только одnogоризонтные способы вскрытия.

Для вскрытия пластов, кроме главных, используют вспомогательные вскрывающие выработки — квершлаг, гезенки, слепые вертикальные или наклонные стволы или сочетания различных выработок.

Графическим изображением способа вскрытия является схема вскрытия (рис.4.4 - *рассказать*).

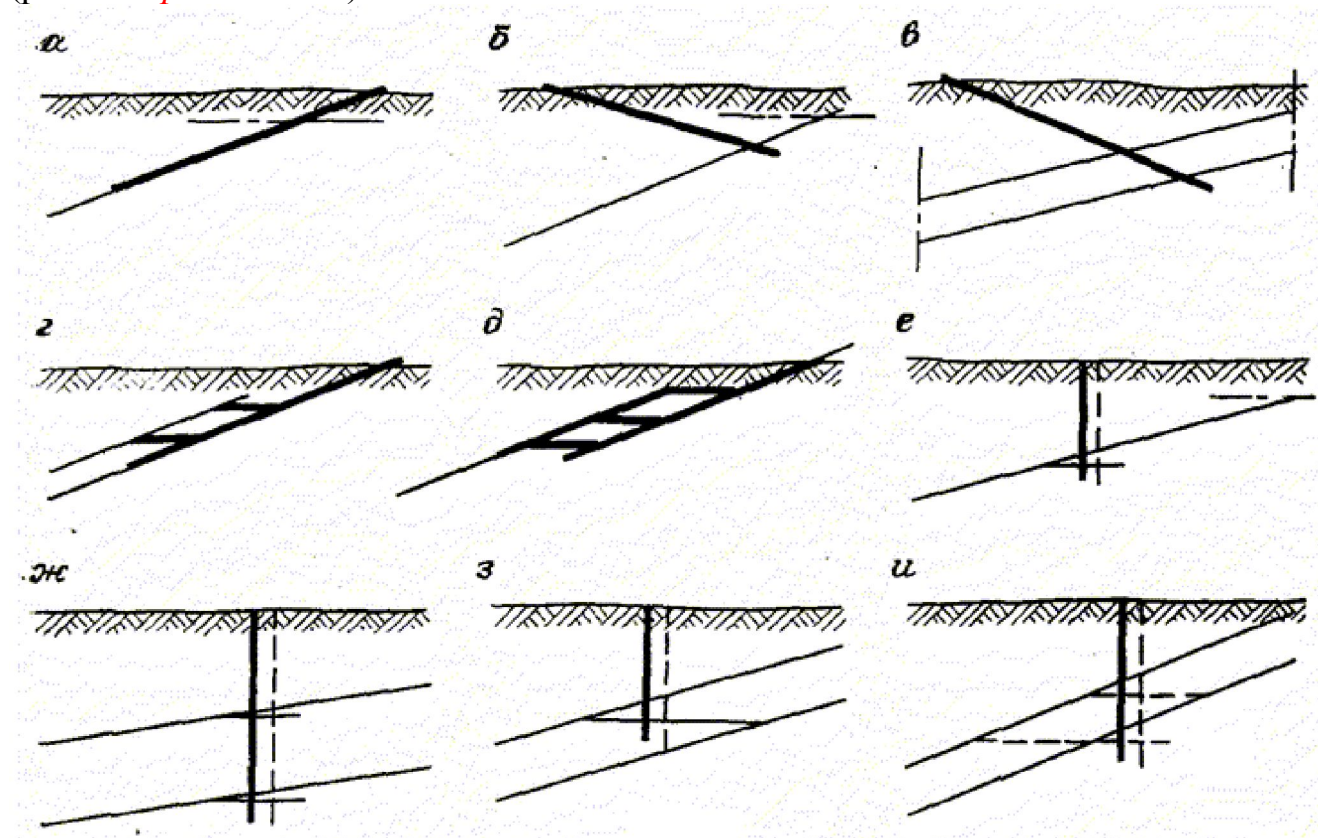


Рис. 4.4. Схемы вскрытия.

Правильный выбор места заложения стволов в шахтном поле имеет большое значение, так как от этого зависит суммарная длина главных выработок, а следовательно, затраты на их проведение и поддержание; расходы на транспортирование грузов, на проветривание горных выработок; потери полезного ископаемого в охранных целиках около стволов.

Расположение главного ствола относительно границ шахтного поля при пологом залегании пласта. Главный ствол по падению пласта может быть расположен (рис. 4.5) у верхней границы шахтного поля I, у нижней границы II и, наконец, в любом месте между положениями I и II, например, где-то в средней части III.

Расположение ствола у нижней границы шахтного поля имеет явные недостатки:

- максимальную глубину стволов, а, следовательно, наибольшие первоначальные капитальные затраты при строительстве шахты и более длительные сроки строительства;
- дополнительные расходы на подъем и водоотлив по вертикальному стволу.

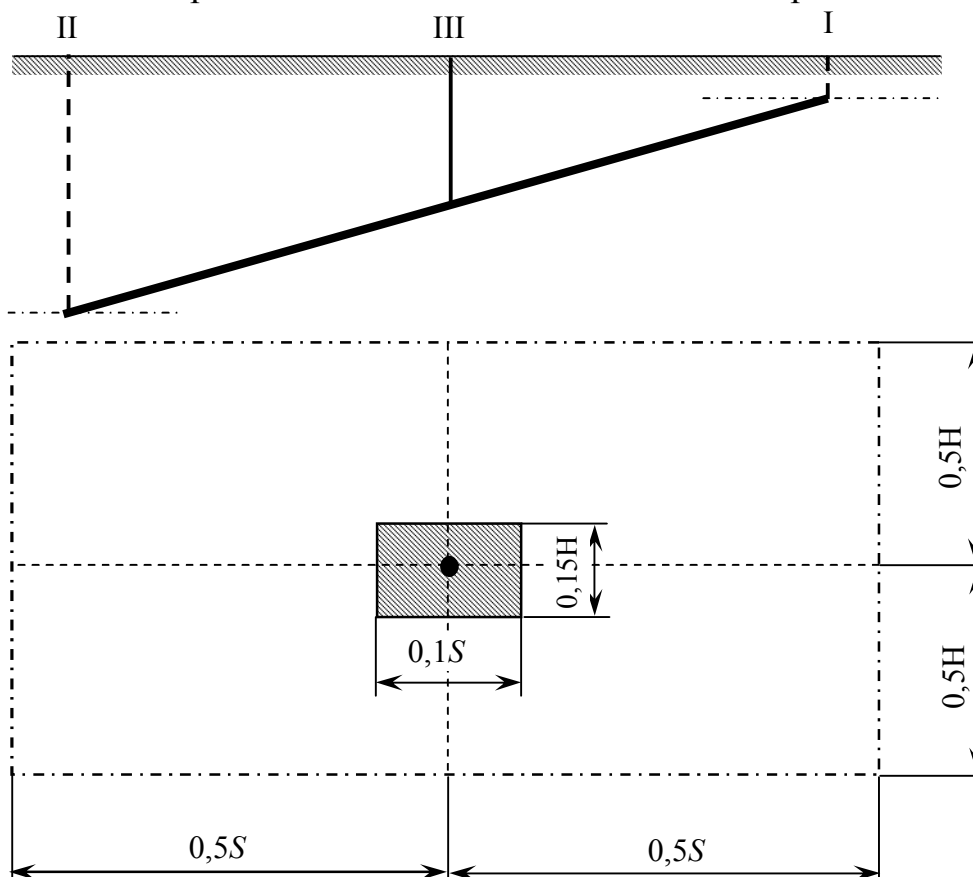


Рис. 4.5. Расположение главного ствола относительно границ шахтного поля при пологом залегании пласта.

При расположении ствола у верхней границы шахтного поля перечисленные недостатки отпадают, однако:

- усложняется работа подземного транспорта;
- увеличиваются расходы на поддержание уклонов и ходков;
- ухудшаются условия проветривания очистных и подготовительных забоев вследствие большой длины горных выработок и утечек воздуха через всевозможные сбойки и другие выработки между уклонами и ходками.

Наиболее рационально в экономическом и техническом отношении расположение ствола в положении III, при котором главный ствол делит шахтное поле на два примерно равных горизонта, т. е. размеры бремсбергового и уклонного полей примерно равны и имеют умеренную длину (1000-1200 м).

Рациональным местом заложения главного ствола является область в виде прямоугольника со сторонами $0,15H$ и $0,1S$, где H - размер шахтного поля по падению, а S - по простиранию.

Расположение вспомогательного ствола. Шахта должна иметь не менее двух отдельных выходов на поверхность (ПБ). Поэтому кроме главного сооружают один или несколько вспомогательных стволов. По отношению к главному вспомогательный ствол может иметь центральное, центрально-отнесенное, фланговое и комбинированное расположение.

При центральном расположении (рис. 4.6, а) оба ствола шахты размещены в центре шахтного поля. Расстояние между их осями принимают равным около 70 м.

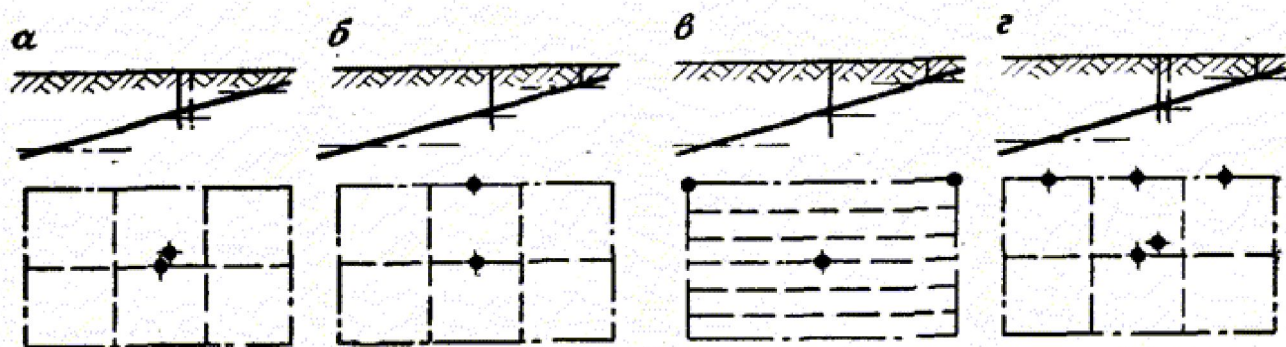


Рис. 4.6. Взаимное расположение главного и вспомогательного стволов в пределах шахтного поля: а - центральное; б - центрально-отнесенное; в - фланговое; г - комбинированное.

При центрально-отнесенном расположении (рис. 4.6, б) вспомогательный ствол пройден у верхней границы шахтного поля, его используют главным образом для отвода исходящей струи воздуха из шахты на поверхность.

При фланговом расположении (рис. 4.6, в) главный ствол сооружен в центре шахтного поля, а вспомогательные — на флангах у верхней границы.

Стволы выполняют те же функции, что и при центрально-отнесенном расположении.

При комбинированном расположении (рис. 4.6, г) в центре шахтного поля имеются два (реже три) ствола. Кроме того, у верхней границы шахтного поля в центре, на флангах, на каждую панель или группу панелей сооружают дополнительно вентиляционные стволы или шурфы. Центральные стволы выполняют все транспортные функции и служат для подачи свежего воздуха в шахту (кроме ствола, оборудованного скиповым подъемом). Вентиляционные стволы используют для отвода исходящей струи воздуха из шахты.

Центрально-отнесенное и фланговое расположение имеют тот недостаток, что вспомогательные стволы невозможно использовать для спуска-подъема и компактно расположить технические здания на поверхности.

Положительным является возможность применения рациональной прямой схемы проветривания выработок в бремсберговой части шахтного поля.

Достоинства центрального расположения стволов:

- компактность размещения технологического комплекса поверхности;
- наличие общего предохранительного целика полезного ископаемого для охраны стволов и технологического комплекса от вредного влияния очистных работ;
- возможность быстрого соединения стволов сбойкой на горизонте, что позволяет расширить фронт работ в период дальнейшего строительства шахты.

Недостаток центрального расположения двух стволов: не обеспечивается условие для надежного и безопасного проветривания выработок при разработке пологих газоносных пластов

Сегодня при строительстве современных крупных шахт на пологих пластах применяют комбинированное расположение стволов, а для шахт небольшой мощности и средних оптимальным является центральное расположение стволов.

ЛЕКЦИЯ № 5

Тема. Крепь горных выработок

1. Определение и классификация крепей.

Горная крепь - искусственное сооружение, возводимое в выработке для предотвращения обрушения окружающих пород и сохранения необходимых размеров выработки в свету.

С точки зрения геомеханики роль крепи в выработке сводится к предотвращению чрезмерного развития зоны неупругих деформаций и обрушения пород. При достаточно большой жёсткости крепи она работает в режиме заданной (или взаимовлияющей) деформации и горное давление возникает вследствие того, что крепь воспринимает прирост смещений с момента её установки, который зависит от давления.

Основным классифицирующим признаком горных крепей являются группы выработок, для которых она предназначена. По этому признаку все они делятся на крепи:

- 1) капитальных (вскрывающих) выработок (стволы и квершлагги);
- 2) подготовительных выработок, проводимых для подготовки шахтного поля к выемке (бремсберги, уклоны, ходки, штреки, участковые квершлагги и др.);
- 3) очистных выработок.

Ориентировка выработки влияет на выбор вида крепи, поэтому различают крепи для горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок.

Кроме того, горные крепи различают по следующим признакам:

- *по материалу* - деревянная, металлическая, каменная, бетонная, железобетонная, металлобетонная, анкерная, комбинированная;
- *по форме* - прямоугольная, трапециевидная, полигональная, сводчатая, арочная (подковообразная), кольцевая, эллиптическая (см. рис. Лекции 4);
- *по сроку службы* - временная и постоянная;
- *по конструктивному исполнению* - сплошная (бетонная, каменная, сборная из тюбингов и др.) и рамная (из отдельных рам, колец, венцов, устанавливаемых на некотором расстоянии друг от друга);
- *по характеру работы* – несущие (воспринимающие горное давление), ограждающие (служащие для защиты людей и оборудования от случайных вывалов кусков породы), изолирующие (для защиты обнажений пород в выработках от выветривания, вымывания, растрескивания, для сглаживания поверхности);
- *по деформационно-силовой характеристике* – жесткие (при податливости до 50 мм), малоподатливые (до 100 мм), податливые (до 300 мм), весьма податливые (более 300 мм).

2. Требования к крепи, выбор конструкции.

Крепь горных выработок должна удовлетворять комплексу функциональных, технических и экономических требований:

- быть достаточно прочной (выдерживать горное давление, не разрушаясь), устойчивой (обеспечивать рабочее состояние выработки с сохранением формы и размеров поперечного сечения выработки), долговечной (стойкой против коррозии, гниения, размокания и вымывания);
- обеспечивать минимальное заполнение сечения выработки с целью снижения объема выемки породы при проведении и не мешать выполнению производственных процессов;
- иметь минимальное аэродинамическое сопротивление;
- быть простой в изготовлении, доставке, удобной и малотрудоемкой при монтаже в выработке, доступной для обслуживания в период эксплуатации (ремонтнопригодной);
- обеспечивать возможность механизации при изготовлении и установке в выработке;
- должна быть экономичной - обеспечивать минимально возможные затраты на изготовление, доставку, монтаж, ремонт и извлечение;
- в отдельных случаях быть огнестойкой, водо- и газонепроницаемой.

При выборе и расчёте крепи горных выработок в конкретных горно-геологических условиях руководствуются следующими исходными положениями и факторами:

- физико-механические свойства горных пород (обуславливают устойчивость пород, величину и характер проявления горного давления и учитываются при выборе конструкции крепи, паспорта крепления, при расчете несущей способности, величины податливости и шага установки);
- ориентировка и назначение выработки (горизонтальная, наклонная или вертикальная; капитальная, подготовительная или очистная);
- срок службы выработки (для капитальных выработок с большим сроком службы применяются бетонные, железобетонные, металлобетонные и металлические крепи; для подготовительных выработок со сроком службы более 2...3 лет – металлические и сборные железобетонные);
- форма поперечного сечения и размеры выработки (чем больше сечение, тем сложнее условия работы крепи);
- расположение и способ охраны выработки (в зоне влияния очистных работ при высоком горном давлении и значительном сдвигении - податливые конструкции крепи; в ненарушенном массиве горных пород - крепи жесткие или ограниченной податливости);
- экономическая целесообразность (при наличии нескольких вариантов крепи для данной выработки окончательно принимается вариант, обеспечивающий минимум затрат на крепление и поддержание выработки за весь срок ее службы).

Типоразмер выбранного вида крепи определяется исходя из размера площади поперечного сечения выработки в свету с учетом податливости и ожидаемой величины смещения боковых пород.

3. Конструкция крепи капитальных и подготовительных горных выработок.

Деревянная крепь

Основной конструкцией деревянной крепи является крепежная рама в следующих вариантах:

- неполная рама (верхняк и две стойки, рис. 5.1, а),
- полная рама (верхняк, две стойки и лежень, рис. 5.1, б).
- усиленная рама (дополнительная стойка или внутренняя рама, рис. 5.1, в, г).

Форма рамы: чаще трапециевидная, реже прямоугольная (рис. 5.1, е), иногда в форме неправильной трапеции (рис. 5.1, д). При устойчивых боковых породах применяют потолочную (бесстоечную) крепь (рис. 5.1, ж) - верхняк, уложенный в лунки в боках выработки. Элементы рам изготавливают из круглого леса диаметром 16...32 см. Рамы устанавливают вплотную одна к другой (сплошная рамная крепь) или на расстоянии 0,5...1,2 м одна от другой (крепь в разбежку) с затяжкой кровли и боков выработки обаполами или досками. Для придания рамам вертикальной податливости до 10...12 см концы стоек заостряют конусом или клином. Деревянная крепь применяется в выработках с небольшим сроком службы (до 2...3 лет) и умеренным горным давлением до 0,05...0,07 МПа (50...70 кПа). Работы по возведению деревянной крепи выполняются вручную.

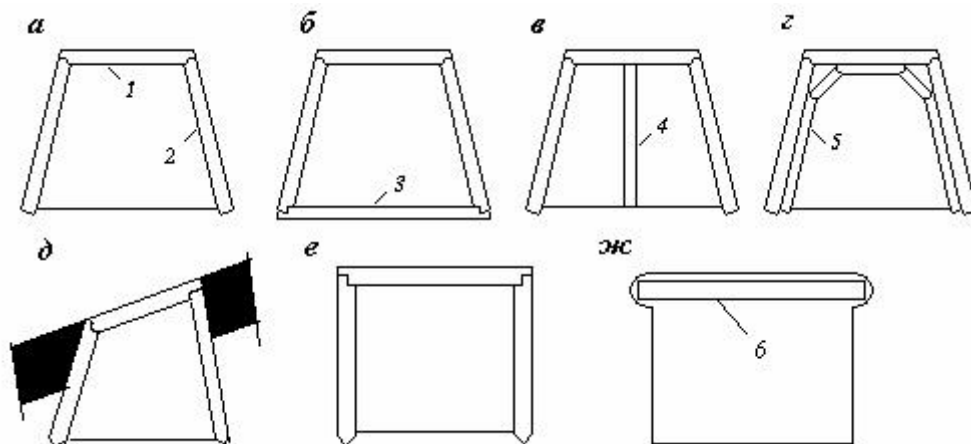


Рисунок 5.1. Крепежная деревянная рама:

а - неполная; б - полная; в - усиленная дополнительной стойкой; г - усиленная внутренней рамой; д – в форме неправильной трапеции; е - прямоугольная рама; ж – бесстоечная крепь; 1 - верхняк; 2 - стойка; 3 - лежень; 4 - дополнительная стойка; 5 - внутренняя рама; 6 – закладной верхняк.

Металлическая крепь

Металлическая крепь - прочная, долговечная, огнестойкая, может использоваться повторно и поэтому широко используется для крепления капитальных и подготовительных выработок. В шахтах около 80% всех поддерживаемых выработок крепятся металлической крепью. Наиболее распространена арочная податливая трехзвенная крепь КМП-А3 (рис. 5.2,а). Состоит из отдельных рам в виде арок, устанавливаемых через 0,5...1,25 м. Соединяются арки межрамными распорками. Затяжки между рамами железобетонные, деревянные или металлические решетчатые. Арка включает верхняк, две стойки и соединения - скобы с

планками и гайками. Податливость арок обеспечивается за счет относительного смещения элементов крепи в местах их соединения и составляет 300...350 мм.

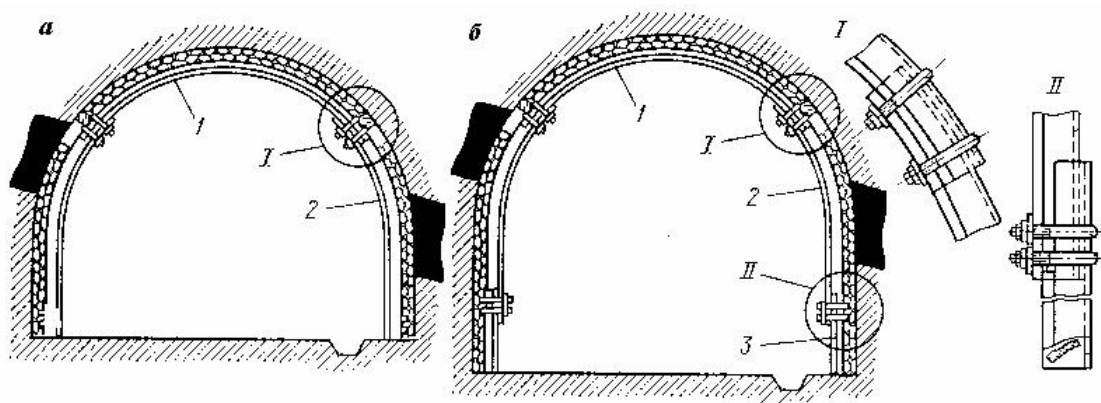


Рисунок 5.2 Металлические арочные крепи:

а – трехзвенная; б – пятизвенная;

I, II – узлы податливости; 1 – верхняк; 2 – стойка; 3 – податливая ножка.

Пятизвенная арочная крепь КМП-А5 (рис. 5.2, б) отличается от трехзвенной тем, что ее стойки состоят из двух элементов, соединенных податливым узлом, при этом общая податливость крепи достигает 1000 мм.

Каменная, бетонная и железобетонная крепи

Каменная, бетонная и железобетонная крепи применяются для выработок с большим сроком службы, при значительном горном давлении, но вне зоны влияния очистных работ. Они слабо сопротивляются растягивающим усилиям и поэтому им придается такая форма (чаще сводчатая), при которой преобладают сжимающие напряжения. Элементы крепи сводчатой формы: свод, стены, фундамент, замок, пята (рис. 5.3).

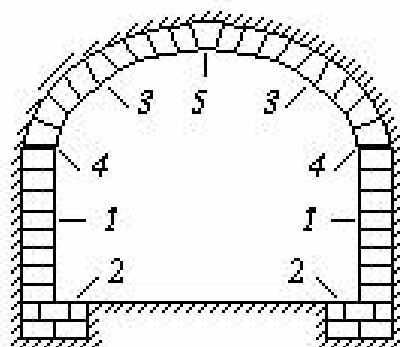


Рисунок 5.3 Элементы крепи сводчатой формы:

1 - стены; 2 - фундамент; 3 - свод; 4 - пята свода; 5 - замок

Каменная крепь возводится из штучных камней (кирпич, бетонит) на цементно-песчаном растворе, пространство за крепью забучивается породой и заливается цементно-песчаным раствором. Для придания податливости между бетонитами укладываются упругие прокладки (доски). Достоинство каменной крепи - возможность воспринимать горное давление сразу после ее возведения. Недостаток - значительная трудоемкость возведения, сложность механизации, наличие швов, что снижает прочность и монолитность.

Бетонным крепям при вертикальном и боковом давлениях придается подковообразная форма, а при всестороннем давлении - подковообразная с обратным сводом или кольцевая. Бетонная монолитная крепь имеет бóльшую прочность, чем каменная, лучший контакт с породами и поддается механизации укладки. Перед укладкой бетонной смеси необходимо набрать по стенам и кровле выработки деревянную или металлическую опалубку.

Железобетонная (металлобетонная) монолитная крепь отличается от бетонной наличием арматуры, которая может быть гибкой (арматурная сталь диаметром 8...25 мм) и жесткой (двутавр, спецпрофиль, рельсы и др.). Железобетонная крепь способна воспринимать нагрузки более высокие чем бетонная, в том числе растягивающие и неравномерные.

Набрызгбетонная крепь - разновидность монолитной бетонной крепи, возводимой без опалубки с помощью специальных пневматических укладчиков (машин) толщиной 50...200 мм. Согласно СНиП минимальная толщина для горизонтальных выработок — 30 мм. Набрызгбетон содержит заполнитель (щебень, гравий) крупностью до 25 мм и ускоряющие твердение добавки. Набрызгбетонная крепь, широко используемая в горно-рудной промышленности, проста в возведении, легко поддается механизации, надежна в работе. Применение набрызгбетона позволяет уменьшить сроки сооружения выработок, снизить стоимость и увеличить срок службы. В зависимости от горнотехнических и горно-геологических условий набрызгбетонная крепь служит в качестве изолирующей, ограждающей и грузонесущей. При необходимости эта крепь может быть усилена анкерами и металлической сеткой (торкрет-бетон). Выбор того или иного типа набрызгбетонной крепи зависит от характера проявлений горного давления в конкретных условиях. По типовым паспортам крепления горных выработок для рудников цветной металлургии набрызгбетонная крепь рекомендуется для крепких трещиноватых или легко выветривающихся пород с $f > 7$ для предотвращения вывалов и выветривания пород. Набрызгбетон отличается большой плотностью, водонепроницаемостью и высокой прочностью. Предел прочности набрызгбетона на сжатие составляет 40—70 МПа. При изготовлении 1 м³ готовой бетонной смеси затрачивают 400—430 кг цемента прочностью марки 400—500 (40-50 МПа). *Достоинства* набрызгбетонной крепи: отсутствие опалубки, непрерывность возведения и высокая механизация работ, заполнение под давлением бетонной смесью трещин в породном массиве, что улучшает его прочностные свойства. *Недостатки*: значительные потери бетонной смеси (отскок до 60%), высокая запыленность рабочего места, невозможность нанесения на влажную поверхность.

Сборная железобетонная крепь (жесткая или податливая) способна воспринимать горное давление сразу после ее установки, долговечна, огнестойка, снижает расход металла. Применяется два типа сборной железобетонной крепи: рамная (устанавливается в разбежку с затяжкой пространства между рамами) и сплошная (собирается из плит, блоков и тубингов). Железобетонная рамная трапезиевидная крепь представляет неполные рамы жесткой конструкции. Железобетонная арочная крепь состоит из двух прямолинейных стоек и двух криволинейных сегментов, которые соединяются в раму при помощи отрезков шахтного

спецпрофиля, скоб с планками и гайками, имеет узлы податливости. Железобетонная кольцевая крепь собирается из 4 или 6 сегментов с аналогичными арочными узлами соединения. Сборные железобетонные крепи сплошных конструкций совмещают несущие и ограждающие функции. Из большого числа конструкций наибольшее применение нашли тубинговые арочные и кольцевые крепи.

Тюбинг - железобетонный сегмент, имеющий криволинейную плиту и по два кольцевых и радиальных ребра. В ребрах имеются отверстия для соединения тубингов монтажными болтами. Тюбинговые крепи предназначены для капитальных выработок в том числе для глубоких шахт. Широко распространены для крепления тоннелей различного назначения и вертикальных стволов.

Анкерные крепи

Анкерные крепи (рис. 5.4) - система стержней (анкеров), устанавливаемых в пробуренные в выработке шпур (скважины) и закрепляемых различными способами в толще пород. Анкера «подшивают» к породам кровли и стен выработки опорными плитами, верхняками рамной крепи с затяжкой породного обнажения металлической сеткой.

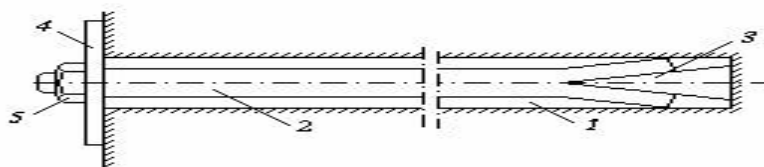


Рисунок 5.4 Анкерная крепь:

1 - шпур (скважина); 2 - стержень; 3 - замок; 4 - опорная плита; 5 - гайка

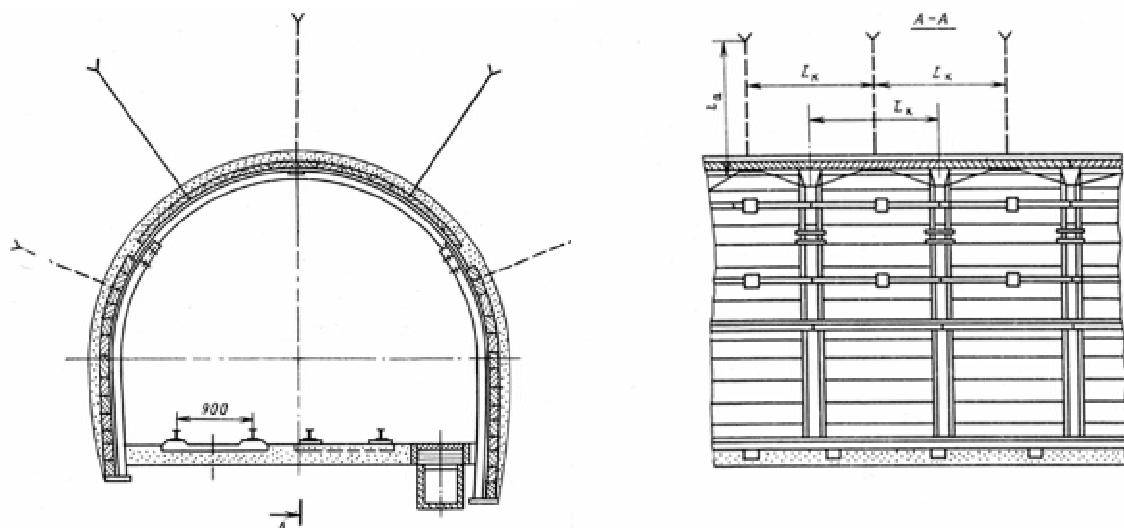


Рис. 5.5. Конструкция комбинированной анкерно-металлической крепи:

L_k – шаг крепи; L_a – длина анкера

Анкерные крепи применяются: при неустойчивой непосредственной кровле, когда нижние слои прикрепляются (подшиваются) анкерами к устойчивой основной кровле; для скрепления (сшивания) отдельных слоев пород в монолитную плиту, которая способна воспринимать нагрузку от вышележащих пород; когда анкера, закрепленные за пределами свода обрушения, удерживают его от разрушения. Анкера, работая на растяжение, удерживают породы от расслоения,

сдвижения и обрушения. Длина анкеров 1,2...2,9 м (канатные анкера – 5...7м). Закрепления бывают: в донной части (замковые), по всей длине шпура или скважины (беззамковые) с использованием полимерных смол, песчано-цементных растворов, винтовых стержней. Стержни (анкеры) выполняются из металла, железобетона, дерева, полимеров. Металлические анкера (рис. 5.4) наиболее распространены. Состоят из круглого стержня (2), на одном конце которого резьба и гайка (5) (выходит в выработку), на другом (глубинном) - замок (3), с помощью которого анкер закрепляется в шпуре или скважине. В зависимости от конструкции замков различают следующие основные виды анкеров.

Клинощелевой анкер - круглая сталь $d = 22...25$ мм. В замковой части – щель шириной 2...3 мм и длиной 150...200 мм. В щель при установке вводят клин, который при ударах входит в щель, усы раздвигаются и внедряются в стенки скважины. После закрепления на контурный конец анкера надевают опорную плиту или подхват, затягивают гайку, создавая начальное натяжение 30...40 кН.

Анкеры с распорным замком - круглая сталь $d = 16...22$ мм с конусной или клиновидной головкой; замок - гильза или клиновидные сегменты, которые распираются головкой анкера при его натяжении.

Винтовой анкер имеет форму шнека, который ввинчивается в скважину и имеет контакт с породой по всей длине (мягкие породы).

Сталебетонный анкер представляет арматурный стержень, закрепленный в скважине быстротвердеющим цементно-песчаным раствором по всей длине скважины или в замковой части.

Сталеполимерный анкер (сегодня самый распространённый) - арматурный стержень или канат с элементами жёсткости, закрепленный по всей длине или в замковой части скважины полимерным составом (синтетическая смола с отвердителем).

Комбинированная (смешанная) крепь

У комбинированной (смешанной) крепи несущие элементы выполнены из двух и более видов материалов, например:

- *рамная жесткая (и податливая) трапецевидная крепь*, состоящая из железобетонных пустотелых стоек прямоугольного сечения и металлического верхняка из шахтного спецпрофиля или двутавра. У податливой конструкции податливость обеспечивается за счет изготовления нижних частей стоек с использованием арматурной стали меньшего диаметра, что приводит к разрушению этих частей при большом горном давлении;
- *арочная смешанная крепь*, имеющая железобетонные стойки и металлический верхняк;
- *анкерно-металлическая крепь*, представляющая собой сочетание металлической арочной крепи с анкерами, которые устанавливаются между арочными рамами и обеспечивают более устойчивую работу упрочненного массива и арок крепи;
- *анкерно-бетонная крепь* может представлять собой сочетание анкерной крепи с металлической сеткой и набрызгбетоном.

Межрамные ограждения

Для предотвращения вывалов породы в пространстве между рамами используются межрамные ограждения (затяжки). *Железобетонные затяжки* используются в выработках со значительным сроком службы и представляют собой плоские плиты прямоугольного сечения. *Рулонное стеклопластиковое межрамное ограждение* представляет собой стеклоткань толщиной 2,5 мм и шириной 800...1200 мм, пропитанную полимерными смолами. Выпускается в виде рулонов по 50 м. Ограждение огнестойкое, легкое, влагостойкое, не подвержено гниению и коррозии. *Металлические затяжки* изготавливаются в виде сварных решеток из стальных стержней диаметром 6..10 мм. В качестве *деревянных затяжек* могут применяться обаполы и доски.

Временные крепи

При проведении горных выработок, согласно ПБ, все работы в забое по уборке породы и возведению постоянной крепи должны производиться под защитой предохранительной крепи, которая устанавливается между забоем и постоянной крепью.

По характеру работы временные крепи делятся на: *поддерживающие* - одиночные деревянные или металлические стойки, облегченные рамы, металлические арки из спецпрофиля, опирающиеся на закладные металлические штыри; *ограждающие* - предохранительные перекрытия, подвешенные на верхняках постоянной крепи и выдвигаемые в виде консоли, подвесные верхняки с настилом и другие конструкции.

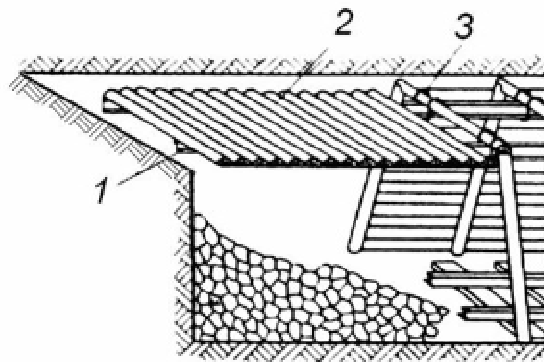


Рис. 5.6. Временная крепь горизонтальных выработок:

1 – металлические балки, 2 – деревянный настил, 3 – металлические подвески

Тема. Подготовительный период строительства горного предприятия

1. Определение и общие положения подготовительного периода.

Осуществление строительства шахты или рудника наряду с выполнением большого объема сложных горно-строительных работ требует (к началу производства собственно горных работ) сооружения различных объектов на площадке будущей шахты — это строительство горнотехнических зданий и сооружений, объектов энергетического и транспортного назначения и водоснабжения, монтаж различных машин, механизмов и оборудования, культурно-бытовое и жилищное строительство и др. Указанный перечень работ как первый этап строительства горного предприятия принято называть **подготовительным периодом**.

Общее время строительства шахты (рудника) разделяется на 4 больших периода:

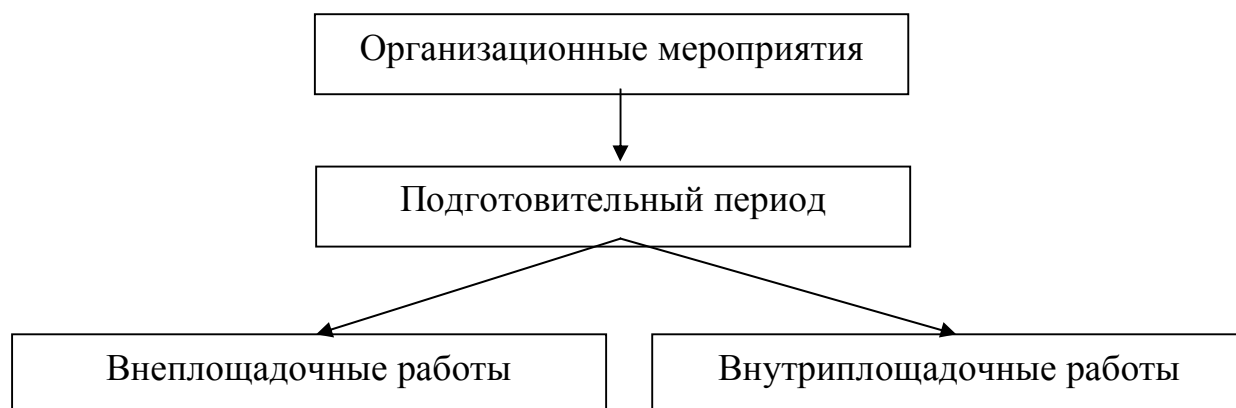
подготовительный – выполнение необходимых строительного-монтажных работ до начала строительства стволов;

первый основной – проходка стволов и сопрягающихся с ними выработок, армирование, монтаж оборудования подъема, водоотлива, вентиляции;

второй основной – сооружение выработок и камер околоствольного двора (-ов), проведение протяженных горизонтальных и наклонных выработок, окончание строительства поверхностных зданий и сооружений, монтаж оборудования;

пусковой – наладка подземного и поверхностного оборудования под нагрузкой, сдача горного предприятия в эксплуатацию.

В общем случае структуру подготовительного периода можно представить в следующем виде:



К **организационным мероприятиям**, предшествующим подготовительному периоду, относятся:

1) проведение инженерно-геологических изысканий с целью сбора подробных исходных данных о горном массиве, в котором и на котором будут располагаться элементы горного предприятия;

- 2) составление задания на проектирование;
- 3) разработка и утверждение проектно-сметной документации, в том числе и мероприятий по охране месторождений и объектов от вредного влияния горных работ;
- 4) выделение финансирования;
- 5) разработка и согласование планов материально-технического снабжения и поставок оборудования, возможность использования местных строительных материалов;
- 6) оформление документации и выполнение отвода в натуре земельного и горного участков;
- 7) заключение договоров с организациями и предприятиями на подключение электроэнергии, линий связи, водоснабжения, шоссейных и железных дорог, на транспортное обслуживание и обеспечение погрузочно-разгрузочными механизмами и строительной техникой;
- 8) согласование планов строительного-монтажных работ с генеральным подрядчиком и субподрядными организациями;
- 9) решение вопроса обеспечения строительства рабочими кадрами, жилищно-бытового их устройства и других.

После окончания всех этих организационных мероприятий приступают непосредственно к работам подготовительного периода. Подготовительный период является важным этапом строительства шахты. От своевременного и качественно выполнения работ данного периода во многом зависит успешное выполнение основных горнопроходческих работ и строительство шахты в целом.

На начало строительства на промышленной площадке должны быть закреплены в натуре пункты геодезического обоснования, оси главных сооружений и стволов, трасс основных коммуникаций (подъездных, железнодорожных путей, автодорог, линий электропередач и др.).

На основе утвержденной проектной документации, передового опыта и современного состояния науки и техники решаются вопросы производственной базы, объема и последовательности работ подготовительного периода.

С учётом сложности, многообразия и тесной взаимосвязи всех работ подготовительного периода на базе технического проекта шахты разрабатывается подробный рабочий **проект организации строительства (ПОС)**. Он выполняется с учётом требований всех нормативных документов в области горного дела и строительства. В этом проекте увязаны все объёмы работ в последовательности их выполнения в период всего строительства горного предприятия.

Основные положения рабочего проекта организации строительства должны обеспечить максимальное сокращение сроков строительства, безопасность работ, повышение уровня механизации работ и производительности труда, концентрацию рабочих кадров и основных материально-технических ресурсов на пусковых и сложных объектах, использование сборного железобетона и других полуфабрикатов, использование каркасных зданий для временных целей. В проекте должны быть определены последовательность, технология и организация работ по возведению отдельных сложных объектов, распределение финансирования, планомерное развитие строительного-монтажных работ, сроки поставки оборудования и материалов, графики движения рабочей силы, мероприятия по

териалов, графики движения рабочей силы, мероприятия по противопожарной безопасности и охране труда и др.

ПОС является основным документом на весь период строительства для всех организаций (заказчика, генерального подрядчика и подрядчиков по всем видам работ). В проекте организации строительства должен быть разработан подробный **календарный (сетевой) график строительства** и определен критический путь как для отдельных сложных сооружаемых объектов, так и для шахты в целом.

Продолжительность подготовительного периода исчисляется от начала строительно-монтажных работ (СМР) на шахтной площадке до начала работ по проходке ствола (-ов) и зависит от мощности шахты, числа, диаметра и глубины проходимых стволов, степени освоенности района строительства и других. По ранее существовавшим нормативам (которых следует придерживаться и сегодня) продолжительность подготовительного периода не должна превышать 12 месяцев при производственной мощности шахты 600 тыс.т/год и 16 месяцев – при мощности шахты 3 млн.т/год. Большой объем различных по номенклатуре и трудоемкости работ при строительстве постоянных инженерных сетей и дорог, постоянных и временных зданий и сооружений, монтажа оборудования, машин и установок создает ряд организационных и технических сложностей, вызывая большую продолжительность подготовительного периода. Фактически она часто превышает нормативную и составляет 20-24 месяца. Основная причина этого - недостаточное финансирование, несоблюдение графика финансирования.

Стоимость работ подготовительного периода составляет 10-14%, а на отдельных шахтах и более от общей сметной стоимости строительства шахты.

2. Работы подготовительного периода.

В подготовительном периоде выполняются строительно-монтажные работы общешахтного назначения, оснащение ствола (поверхности и забоя), сооружение устья, проходка технологической части ствола (верхняя часть ствола для размещения горнопроходческого оборудования = см. последующие лекции).

Жилищное и культурно-бытовое строительство. Необходимо предусмотреть в случае расположения строительной площадки вдали от существующих населенных пунктов и значительных затратах на ежедневную перевозку персонала к месту работы. Для расселения трудящихся необходимо в подготовительный период осуществить строительство общежитий, столовой, магазина, медицинского пункта и культурно-бытовых учреждений. Одновременно со строительством общежитий необходимо приступить к строительству постоянного поселка.

Комплекс строительно-монтажных работ подготовительного периода разделяется на работы, которые выполняются за пределами строительной площадки горного предприятия (***внеплощадочные работы***) и непосредственно на промышленной площадке горного предприятия (***внутриплощадочные работы***).

Внеплощадочные работы – это, в основном, подведение к строительной площадке всевозможных коммуникаций: железная и автомобильная дороги, ли-

ния электропередачи, водовод, канализация, теплоснабжение (в районах Крайнего Севера) и некоторые другие объекты.

Железнодорожные линии прокладываются от шахтной площадки до ближайшей железнодорожной ветки или эксплуатационной шахты. Длина зависит от расположения новой стройплощадки, в среднем составляет от 3 до 35 км. Ж/д пути выполняют, чаще всего, специализированные организации.

Автомобильная дорога соединяет шахтную площадку с ближайшей автомобильной дорогой областного значения, а та, в свою очередь, связывает с ближайшей ж/д станцией, на которую в будущем будут поступать все грузы. Постоянные автомобильные дороги, учитывая усиленную их эксплуатацию в период строительства шахты, рекомендуется иметь шириной не менее 6 м и с покрытием двумя слоями асфальта общей толщиной не менее 7...8 см.

Линии электропередач (ЛЭП) сооружаются для обеспечения электроэнергией работ по строительству и эксплуатации шахты. В начальный период строительства до сооружения постоянной линии электропередачи (ЛЭП) снабжение электроэнергией строительных работ может быть осуществлено от передвижных электростанций типа ЖЭС-65 мощностью 65 кВт. Одновременно должна монтироваться временная электроподстанция.

Линия телефонной связи (ЛТС) стационарная необходима для обеспечения всех рабочих процессов своевременной и оперативной связью. Она строится от шахтной площадки до ближайшего телефонного узла.

Водоснабжение (временное или постоянное) производится, как правило, от действующих ближайших водопроводов. Для первоначального снабжения строительства водой может быть оборудована артезианская скважина или использованы ближайшие водоёмы. Кроме того, в качестве технической может быть использована вода, откачиваемая при сооружении стволов, после её очистки и доработки (хлорирование), если её химический состав удовлетворяет соответствующим требованиям.

Для подачи воды на площадку сооружается водопровод и, при необходимости, насосная станция. Расход воды определяется из расчета удовлетворения технических потребностей (питание котлов, охлаждение компрессоров, водоснабжение бетонорастворного узла и др.), хозяйственных нужд (питьевая вода, баня, прачечная и др.) и на противопожарной цели. В зависимости от масштабов строительства суточный расход воды может составлять 200...600 м³.

Канализационный трубопровод прокладывается для сброса шахтных и бытовых вод в соответствии с требованием законодательства по охране окружающей среды. При значительной удаленности объекта строительства от действующих коммуникаций вывоз стоков с площадки возможно осуществлять специальным автотранспортом (вакуум-бочками).

Теплотрасса (паротрасса) подводится к строительным площадкам, расположенным в условиях Крайнего Севера, посредством утепленного трубопровода от действующих теплоцентралей.

Стоимость внеплощадочных работ для условий шахт Донбасса составляет 30...55% стоимости всех работ подготовительного периода. Соответственно, на внутриплощадочные работы приходится 45...70%.

К **внутриплощадочным работам** подготовительного периода относятся: 1) работы нулевого цикла; 2) строительство зданий и сооружений, необходимых для проходки ствола; 3) монтаж и наладка оборудования оснащения на поверхности (подъёмные установки, лебёдки, вентиляторы, насосы, энергоснабжающее и распределительное оборудование, бетоно-растворный узел и др.); 4) сооружение устья и технологической части ствола; 5) монтаж и опробование в работе внутристволового оборудования (металлическая призабойная опалубка, подвесной проходческий полук с породопогрузочным комплексом КС-2у/40); 6) подготовка буровой установки БУКС.

Окончание внутриплощадочных работ совпадает, как правило, с окончанием подготовительного периода и должно обеспечивать начало проходки вертикального ствола.

Работы нулевого цикла включают в себя: освоение территории строительства (расчистка площадки от кустарника, леса и подлежащих сносу строений); производство вертикальной черновой планировки; осушение площадки (отвод поверхностных вод); устройство первоочередных внутрипостроечных дорог и проездов с постоянным покрытием; строительство и монтаж сооружений по водо-, паро- и электроснабжению и наружному освещению площадки; прокладка постоянных и временных подземных коммуникаций; возведение подземной части фундаментов постоянных зданий и сооружений, используемых при сооружении стволов. Работы нулевого цикла должны выполняться поточным методом. Земляные, бетонные, монтажные и другие потоки должны быть увязаны во времени. Наряду с выполнением работ нулевого цикла производится уточнение геологических и гидрогеологических условий строительства, физико-механических свойств пород, определение возможной величины притока воды. Для этой цели рядом с контуром будущих стволов бурятся контрольные скважины диаметром 75...106 мм. Для проектирования фундаментов под сооружения производятся инженерно-геологические изыскания по установлению несущей способности грунтов, режима грунтовых вод и глубины промерзания.

Планировка строительной площадки осуществляется в соответствии с проектом генерального плана поверхности шахты. При планировке необходимо соблюдать уклоны поверхности, чтобы были обеспечены стоки воды, и устраивать нагорные каналы. Одновременно с планировкой решается вопрос размещения отвалов породы.

Строительство зданий и сооружений следует начинать после окончания работ нулевого цикла.

Охранные мероприятия. Строительная площадка должна быть огорожена, хорошо освещена и находиться под круглосуточной охраной. Въезд(-ы) на площадку оборудуются шлагбаумами и сторожками.

Маркшейдерское обеспечение. В подготовительный период строительства организуется маркшейдерская служба, которая производит геодезические и

маркшейдерские работы. В состав этих работ входят: разбивка осей, угловых точек, горизонтальные и вертикальные привязки строящихся на поверхности зданий, фундаментов под оборудование, разбивка к вынесению осей стволов, инструментальный контроль при сооружении устьев и технологических частей стволов.

Складское хозяйство. На строительной площадке строятся закрытые помещения и навесы для хранения оборудования и материалов. Строительные материалы (лес, металл) хранятся на постоянном складе. Песок и щебень складировать у бетонорастворной установки.

Противопожарные мероприятия. На строительной площадке необходимо иметь резервуар противопожарного запаса воды, должен быть полный набор противопожарного инвентаря, предусмотрена установка в колодцах водопроводной сети пожарных гидрантов. В наиболее опасных в пожарном отношении местах необходимо иметь огнетушители, бочки с водой, ящики с песком и другие противопожарные средства.

Постоянные и временные здания и сооружения:

- копер (башенный, металлический укосный или шатровый);
- здания подъёмных машин (если стационарные подъёмы);
- трансформаторная электроподстанция для приёма, трансформации и передачи электроэнергии потребителям (если не предусмотрены передвижные ПРУ и БЭС);
- АБК (административно-бытовой комбинат), в котором размещаются нарядные, раздевалки, душ, ламповая, помещения для надзора и аппарата управлений.
- компрессорная с воздухосборниками и градирней (если не передвижная);
- котельная для обогрева АБК, производственных зданий и подогрева воздуха, подаваемого в ствол (может отсутствовать, если предусмотрены электродкотлы);
- здания проходческих лебедок (если лебедки не в передвижном исполнении);
- отстойник шахтных вод с насосной;
- здание обслуживания БУКС с электромеханическими мастерскими и тельферной дорогой в копёр;
- здание кратковременного хранения ВМ и изготовления патронов-боевиков (полууглубленное с обваловкой и молниезащитой);
- бетонорастворный узел (отдельно стоящий или приствольный углубленный).

Все здания сооружаются после окончания работ нулевого цикла. При строительстве необходимо максимально использовать и приспособлять постоянные здания и сооружения. Для временных зданий следует применять каркасные рамные конструкции, а для их фундаментов использовать сборные унифицированные железобетонные блоки (хорошая «разбираемость» для повторного использования).

Все здания и сооружения после окончания их строительства оснащаются необходимым оборудованием согласно проектной рабочей документации. Монтаж и наладку оборудования выполняют на условиях субподряда монтажные управления шахтостроительных компаний или специализированные организации.

В подготовительный период также выполняется строительство устья, а после оснащения поверхности - проходка технологической части вертикального ствола с монтажом в ней горнопроходческого оборудования. После этого ствол готов к механизированной высокопроизводительной проходке.

3. Оснащение вертикального ствола к проходке.

До начала механизированной проходки вертикального ствола на поверхности земли необходимо смонтировать значительное количество единиц проходческого оборудования, каждое из которых выполняет определенную функцию (см.рис 6.1):

1) **копёр** (проходческий или приспособленный постоянный) необходим для размещения шкивов подъёмных установок и шкивов подвески внутривантового оборудования, для размещения породных бункеров и комплексов разгрузки проходческих бадей, для размещения над устьем ствола нулевой рамы со вспомогательным оборудованием;

2) **подъёмные установки** (машины) необходимы для обеспечения перемещения по стволу подъёмных сосудов (при проходке стволов – бадей) для спуска-подъёма людей, материалов, выдачи породы и воды;

3) **лебёдки** различной грузоподъёмности необходимы для подвески и перемещения по стволу различного проходческого оборудования (полок, опалубка, трубы, кабели) и выполнения манёвров при монтажно-демонтажных работах;

4) **вентиляторы** необходимы для проветривания забоя ствола и обеспечения работающих нормальных условий труда;

5) **электроснабжающее оборудование** (распределительное и трансформаторное) необходимо для обеспечения всех потребителей на строительной площадке электроэнергией;

6) **компрессоры** необходимы для получения потребного количества сжатого воздуха, на энергии которого работает все забойное оборудование в стволе;

7) **оборудование для приготовления бетонной смеси** необходимо для обеспечения участка потребным количеством бетона. Может отсутствовать, если бетон привозной;

8) **насосы** различной производительности необходимы для: а) перекачки воды из отстойника шахтных вод в систему или дополнительный отстойник, б) функционирования противопожарной защиты;

9) **тельферная дорога, такелажные механизмы** необходимы для погрузочно-разгрузочных работ и доставки материалов и оборудования к стволу и от ствола.

Ситуационный план расположения оборудования и сооружений вокруг ствола приведен на примере ВС №3 ПАО «ШУ «Покровское» (рис.6.1).

ёмная стационарная ЦР 6х3,4/0,6; 4...18 – лебедки ЛПП-10, 25Б, 45 и ЛППР-6,3 для подвески в стволе различного оборудования; 19, 19.1 – вентиляторная установка УПВЦП-16Б и вентиляторы ВМ-6М (для малых глубин); 20 – здание обслуживания бурильной установки БУКС; 21 – тельферная дорога; 22 – приствольный БРУ; 23 – отстойник шахтных вод с хлораторной и насосной; 24 – компрессорная станция ПКС-150; 25 – передвижные распреустройства ПРУ-6АМ; 26 – блоки энергоснабжения БЭС-630; 27 – резервуар запаса воды для тушения пожара; 28 – помещение для кратковременного хранения взрывчатых материалов и приготовления патронов-боевиков («зарядная будка»).

В подготовительный период сооружаются **устье** и **технологическая часть** ствола (технологический отход).

Устьем называется верхняя конструктивная часть ствола, пройденная по наносным породам (обычно слабым грунтам покровного отложения). Его глубина зависит от мощности этих пород и колеблется в широких пределах: от 10 до 60м.

Технологической частью (технологическим отходом) называют верхнюю часть ствола, в которой возможно разместить и безопасно эксплуатировать забойное проходческое оборудование. Её глубина зависит от габаритов, типа оборудования. Она обычно глубже глубины устья и составляет 30...70м.

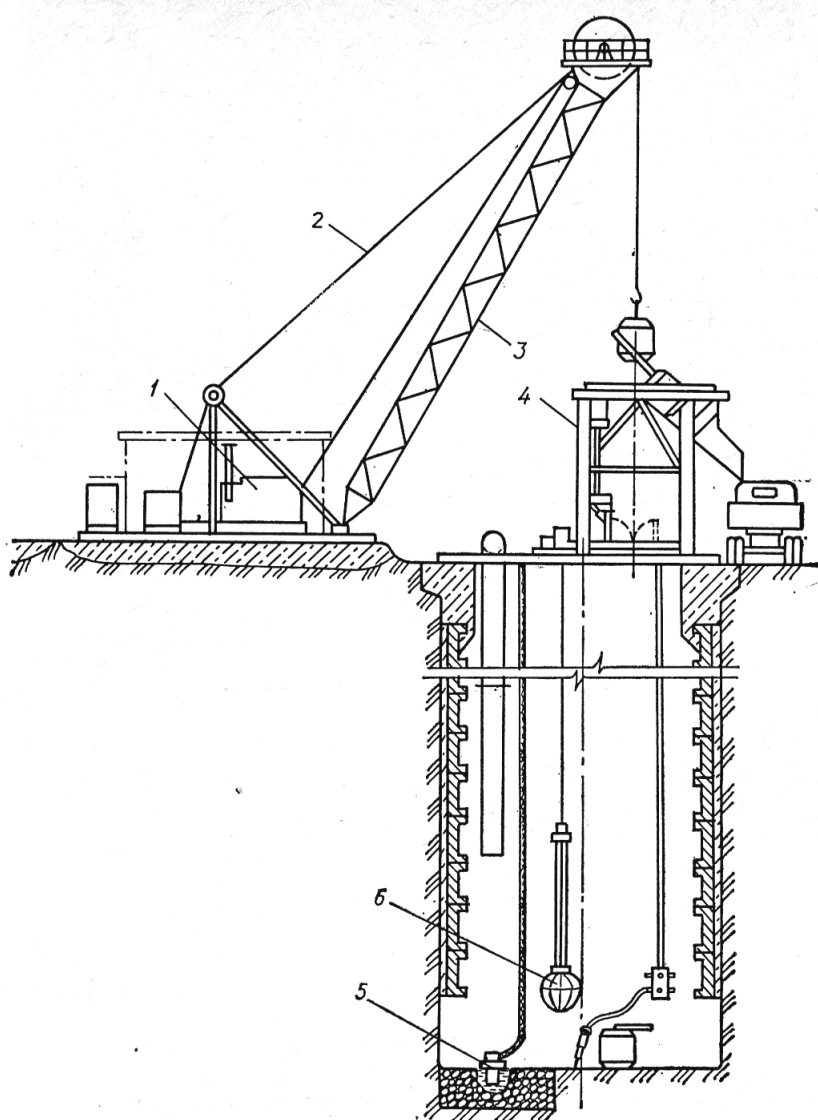


Рис. 6.2. Проходка устья ствола с помощью проходческого крана: 1 – подъемная лебедка; 2 – канат подъема стрелы; 3 – стрела; 4 – разгрузочный станок; 5 – забойный насос для водоотлива; 6 – пневмопогрузчик КС-3.

Кратко рассказать о технологии сооружения устья и технологической части ствола.

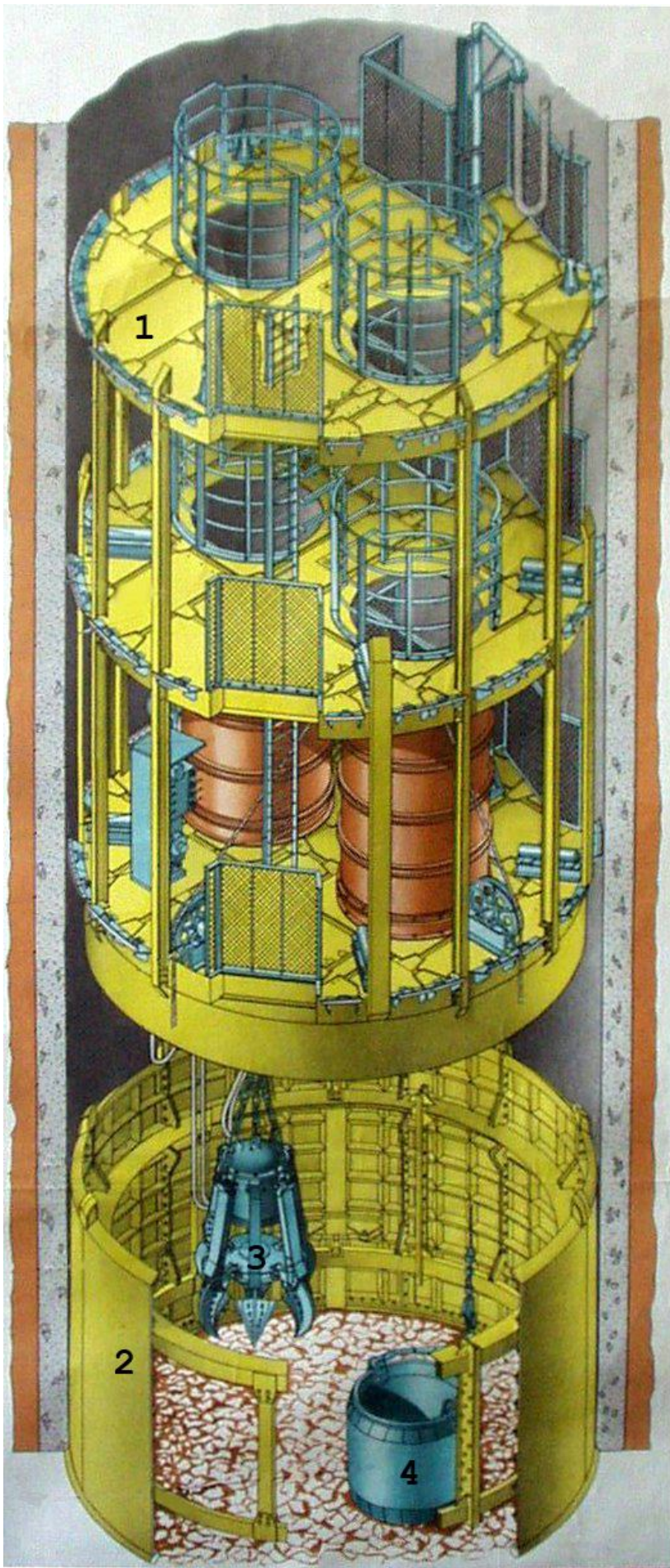


Рис. 6.3. Общий вид оборудования в стволе: 1 – подвесной проходческий полок; 2 – призабойная опалубка; 3 – грейфер породопогрузочной машины; 4 – бадья.

По рис.6.3 *рассказать вкратце* о призабойном оборудовании и его назначении.

Полок состоит из нескольких этажей, соединенных между собой вертикальными стойками, раструбов для пропуска проходческих бадей в забой и подвесного устройства. Погрузочные комплексы закрепляются под нижним этажом полка на центральной подвеске и на кольцевом монорельсе. *И т.д.*

Окончание монтажа внутристволового оборудования совпадает с окончанием подготовительного периода и началом первого основного периода строительства шахты, т.е. с началом проходки вертикального ствола.

**Тема. Строительство вертикальных стволов:
общие положения, буровзрывные работы.**

1. Этапы и продолжительность строительства ствола.

Строительством вертикального ствола называется комплекс строительных, монтажных и горнопроходческих работ, а именно:

- 1) оснащение ствола к проходке;
- 2) строительство устья и технологической части;
- 3) монтаж проходческого оборудования;
- 4) проходка ствола;
- 5) сооружение выработок, сопрягающихся со стволом;
- 6) армирование;
- 7) переоснащение для проведения горизонтальных и наклонных выработок.

По окончании всех этих работ ствол сдаётся в эксплуатацию. **Проходка ствола** включает в себя выемку породы и возведение постоянной крепи.

Показать учебный видеофильм о проходке стволов.

Строительство стволов характеризуется большой сложностью и трудоёмкостью производства работ. Это обусловлено следующими основными особенностями:

- 1) стесненные условия выполнения технологических процессов;
- 2) значительная глубина (в большинстве случаев сегодняшней практики);
- 3) необходимость применения подвешного проходческого оборудования и его частых перемещений по стволу;
- 4) работы на высоте свыше 1 м;
- 5) наличие притоков воды в ствол и некоторые другие факторы.

На продолжительность строительства ствола оказывают влияние следующие основные факторы:

1. Глубина.
2. Диаметр (или площадь поперечного сечения) ствола вчерне.
3. Назначение и конструкция ствола (количество и размеры сопрягающихся со стволом выработок).
4. Вид и толщина крепи ствола.
5. Горно-геологические условия (крепость, структура, текстура пересекаемых стволом пород; наличие и интенсивность систем трещиноватости и др.).
6. Гидрогеологические условия (приток подземных вод в строящийся ствол, их минералогический и химический состав).

7. Принятое проектом оборудование оснащения поверхности, и в особенности подъёмы (ёмкость бадей и характеристика подъёмных установок (грузоподъемность, скорость)).

Более сложными для сооружения всегда являются главные стволы (непростое оснащение, большой объём и сложность сооружаемых сопряжений и камер, большой объём и сложность армировки). Фланговые стволы (вентиляционные и воздухоподающие) менее сложны в строительстве, и сооружаются, как правило, в более сжатые сроки.

Продолжительность сооружения вертикального ствола можно выразить следующим простым уравнением:

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \text{ мес.}$$

где:

t_1 – время оснащения поверхности и забоя (здесь же сооружение технологической части ствола)=работы подготовительного периода;

t_2 – время проходки ствола;

t_3 – время проведения выработок, сопрягающихся со стволом;

t_4 – время армирования ствола;

t_5 – время переоборудования ствола для эксплуатации.

Скорость строительства вертикального ствола можно определить как отношение глубины ко времени, то есть:

$$V_c = H / T_c, \text{ м/мес.}$$

Ниже приведена таблица среднестатистических показателей продолжительности отдельных этапов и скорости сооружения вертикальных стволов различных глубин.

№ пп	Категории стволов по глубине	Продолжительность этапа, мес.					T_c , мес.	V_c , м/мес.
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5		
1	Неглубокие (H до 300 м)	10,5	10	2,6	2,5	4,9	30,5	10,0
2	Средней глубины (301...1000 м)	15,2	21	5,2	4,4	7,6	53,4	11,2
3	Глубокие (H более 1000м)	19,6	30	7,4	8,4	10,7	76,6	13,1
	Доля продолжительности этапа от общей T_c , %	28,2	39	9,5	9,1	14,1	100%	

Анализ продолжительности основных этапов сооружения стволов показывает, что основными по продолжительности этапами работ являются проходка ствола и подготовительный период. Их уменьшение возможно благодаря интенсификации работ, внедрению новых производительных технологий, позволяющих увеличить темпы проходки и упростить, а значит ускорить, оснащение.

2. Конструкция ствола. Способы проходки.

Конструкция ствола определена в рабочей документации (проектные разрез по стволу и сечение ствола). Под конструкцией, как правило, понимают:

- 1) форму поперечного сечения ствола;
- 2) глубину;
- 3) материал, тип и конфигурацию применяемой крепи;
- 4) тип и сложность армировки;
- 5) число, размеры и конфигурацию примыкающих горных выработок, которые необходимо соорудить с проходкой самого ствола.

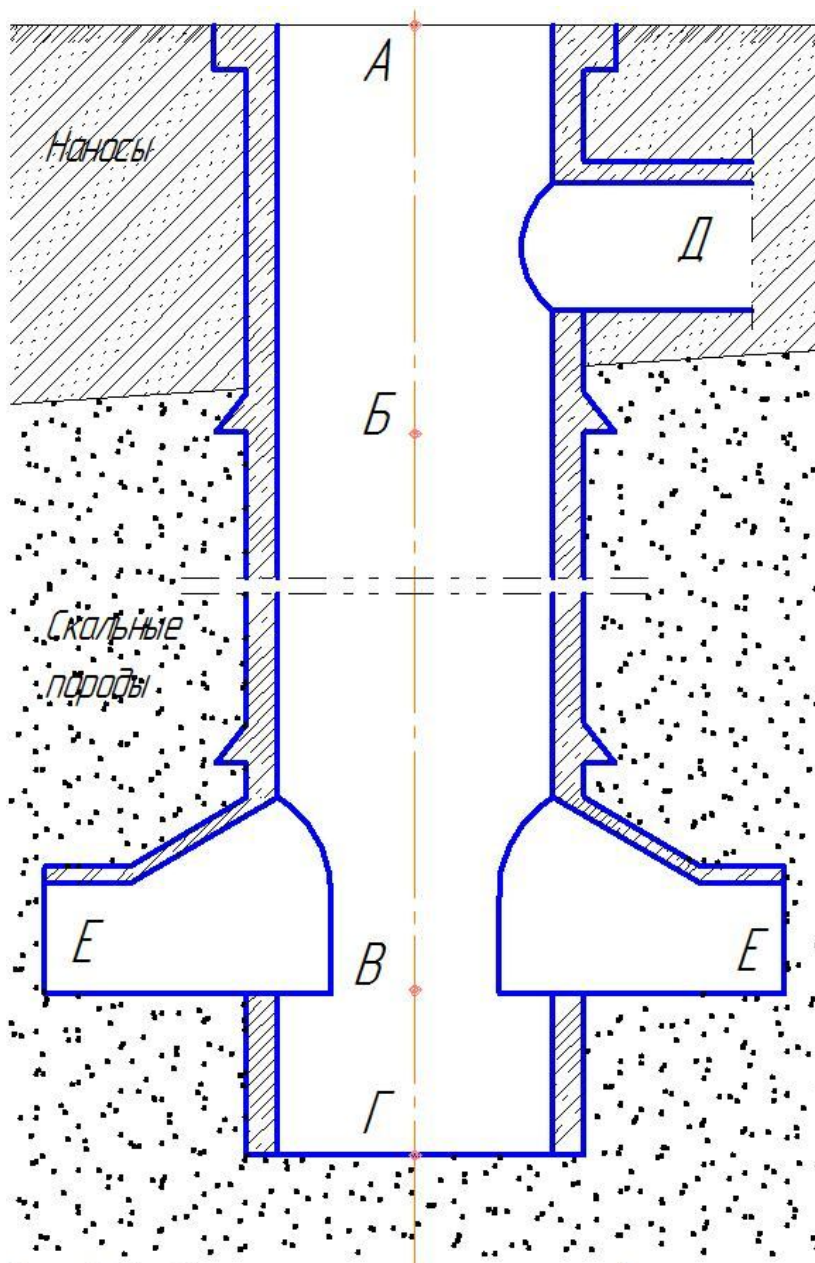


Рис. 7.1. Типичная конструкция флангового ствола: АБ - устье; БВ - основная часть ствола; ВГ - зумпф; Д - сопряжение ствола с вентиляционным (калориферным) каналом; Е - сопряжение ствола с основным горизонтом.

Самая простая типичная конструкция флангового ствола (вентиляционного или воздухоподающего) представлена на рис. 7.1. Верхняя часть ствола называется устьем (АБ на рисунке) и проходится в наносных, как правило, слабых породах. Крепь устья чаще всего железобетонная. Участок БВ – это основная часть ствола от устья до основания самого нижнего горизонта горного предприятия. Крепь чаще всего бетонная, а выше, ниже и в районе сопряжений – железобетонная. Участок ВГ от подошвы самого последнего сопряжения ствола до днища называется зумпфом. Зумпф предназначен для аккумуляции и откачки воды. Его глубина варьируется в широких пределах. Буквой Д обозначено сопряжение вентиляционного или калориферного канала (в зависимости от назначения) с устьем ствола, Е – сопряжение со стволом основного горизонта шахты (рудника).

Глубина стволов шахт зависит от мощности покрывающих пород и схемы вскрытия шахтного поля и для различных горных предприятий колеблется в настоящее время от 50 до 1500 м.

Формы поперечного сечения стволов бывают следующие:

- 1) круглая (основная);
- 2) прямоугольная;
- 3) эллиптическая.

Наибольшее распространение получила **круглая форма** сечения стволов шахт и рудников, поскольку она **обеспечивает**:

- 1) эффективную технологичность проходки ствола;
- 2) самую высокую устойчивость крепи против горного давления;
- 3) возможность использования любого вида крепи (бетон, железобетон, тубинги металлические и ж/б, бетонит, кирпич и т.д.);
- 4) минимальное сопротивление движению струи воздуха по стволу;
- 5) большой срок службы;
- 6) оптимальное размещение проходческого оборудования в сечении ствола.

В крепких и устойчивых породах или при малых сроках службы стволам иногда придают прямоугольную форму, подбирая при этом соответствующий материал и конструкцию крепи (обычно деревянная). Такие стволы могут применяться при геологоразведочных работах.

Размеры сечения ствола определяются в зависимости от типа применяемых сосудов, их размеров в плане, величины зазоров между выступающими частями подъемных сосудов и крепью и от скорости движения воздуха по стволу. В угольной и рудной промышленности для вертикальных стволов круглого поперечного сечения приняты следующие типовые диаметры: 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5 и 9,0 м в свету – всего 12 типов.

В зависимости от горно-геологических и гидрогеологических условий шахтного поля в месте заложения ствола выбирается способ сооружения стволов — обычный или специальный.

Обычный – в устойчивых, малообводненных породах с притоками воды до 8 м³/час.

Специальный – в сложных горно- и гидрогеологических условиях при наличии неустойчивых боковых пород или ожидаемого притока подземных вод более 8 м³/час.

Существует целый ряд специальных способов проходки, который будет подробно рассмотрен в последующих лекциях. Основными целями специальных способов сооружения выработок являются: повышение устойчивости слабых, рыхлых пород и снижение проницаемости водоносных с уменьшением водопритока до допустимых по нормативным документам (СНиП, ДБН, СОУ) величин.

Нормы следующие: после применения специальных способов проходки приток воды в ствол не должен превышать 5 м³/час при глубине ствола до 800м, а для стволов бóльшей глубины на каждые последующие 100м глубины допустимый водоприток может быть увеличен на 0,5 м³/час.

3. Буровзрывные работы при проходке ствола (БВР).

Показать видеофильм о технологических процессах при проходке ствола.

При проходке вертикальных стволов в породах с коэффициентом крепости $f > 3 \dots 4$ по шкале проф. М.М.Протоdjяконова, основным способом разрушения массива горных пород продолжает оставаться буровзрывной (95...98%).

От правильно установленных параметров и от качественного проведения БВР во многом зависит повышение производительности труда, скорости проходки, снижение удельных затрат времени, труда, стоимости, электроэнергии, а также устойчивость породных стен ствола.

Комплекс буровзрывных работ (БВР) производится с целью разрушения горных пород в пределах проектного сечения ствола вчёрне на заданную глубину заходки методом шпуровых зарядов. Буровзрывной комплекс включает в себя бурение шпуров, зарядание и взрывание зарядов ВВ, проветривание ствола и приведение в безопасное состояние околзабойного пространства (включая проходческий полук и оборудование).

К особенностям ведения БВР при проходке вертикальных стволов, осложняющих выполнение всех работ, относятся:

- 1) наличие притоков воды, которая находится в забое ствола, а соответственно, в большинстве шпуров. Вода содержит различные по своему составу соли и взвешенные частицы породы (грунта);
- 2) ведение работ на ограниченной площади в стеснённых условиях;
- 3) взрывные работы ведутся в зоне нахождения оборудования и постоянной крепи.

При проходке вертикальных стволов буровзрывные работы, как правило, осуществляются методом шпуровых зарядов. Расположение, глубина, наклон, заряд шпуров в забое ствола регламентируется паспортом на производство буровзрывных работ (*показать примерный паспорт БВР*). Паспорт БВР по установленной форме составляется начальником участка (проходки) ствола и после корректировки по опытным взрывам доводится до необходимых требований, представляется на утверждение главному инженеру шахтопроходческого стройуправления. Отступления от паспорта допускаются только с письменного разрешения главного инженера управления.

В стволах круглой формы шпуры располагаются по концентрическим окружностям (рис. 7.2) и по своему назначению подразделяются на врубовые, отбойные (вспомогательные) и оконтуривающие (периферийные).

Эффективность разрушения горных пород при проходке стволов обуславливается, главным образом, наличием двух обнаженных поверхностей. Именно врубовые шпуры, которые располагаются в центральной части забоя, предназначены для образования второй обнаженной поверхности – вруба, появление которого облегчает работу отбойных и оконтуривающих шпуровых зарядов комплекта.

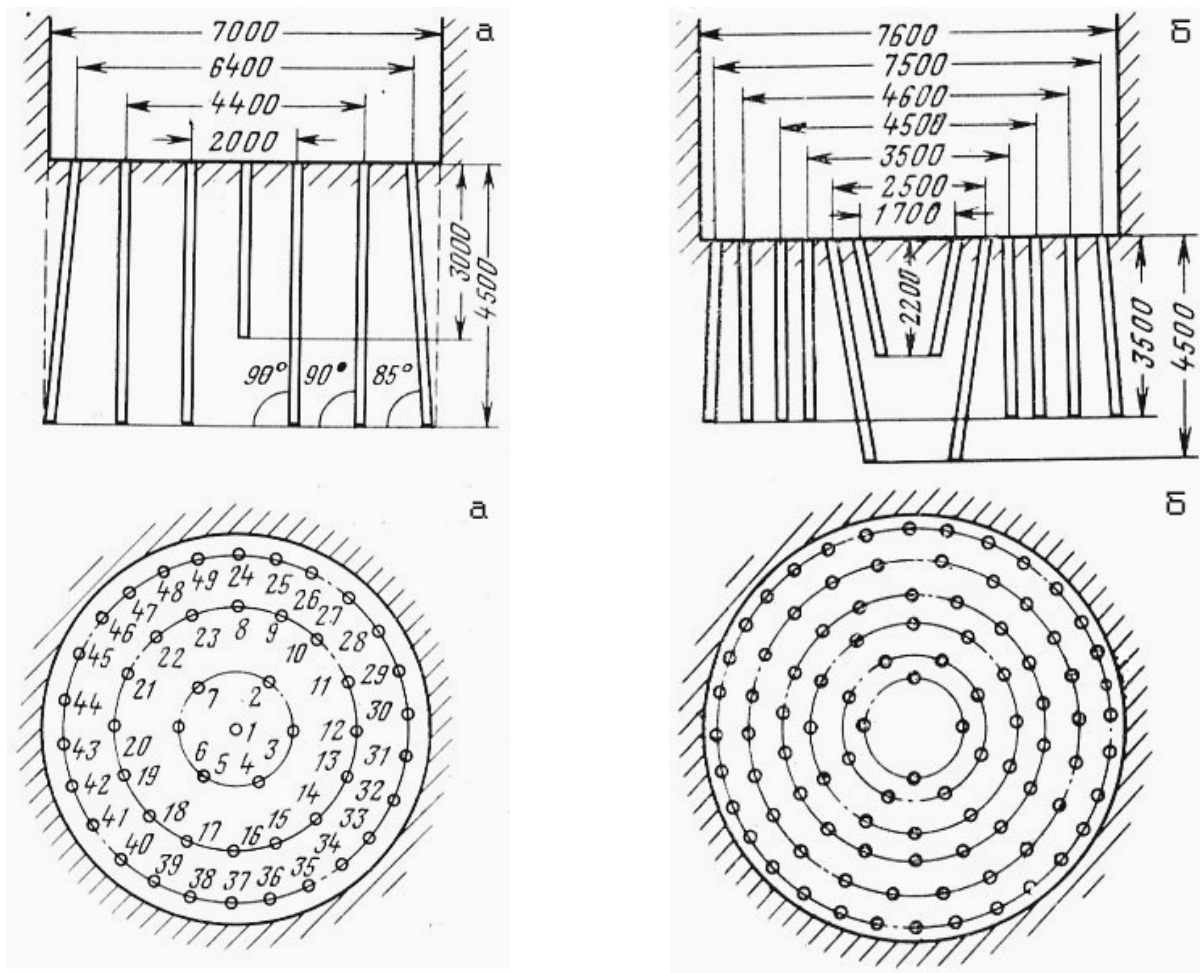


Рис.7.2. Примеры врубов при проходке стволов: а – цилиндрический, б – двойной конусный.

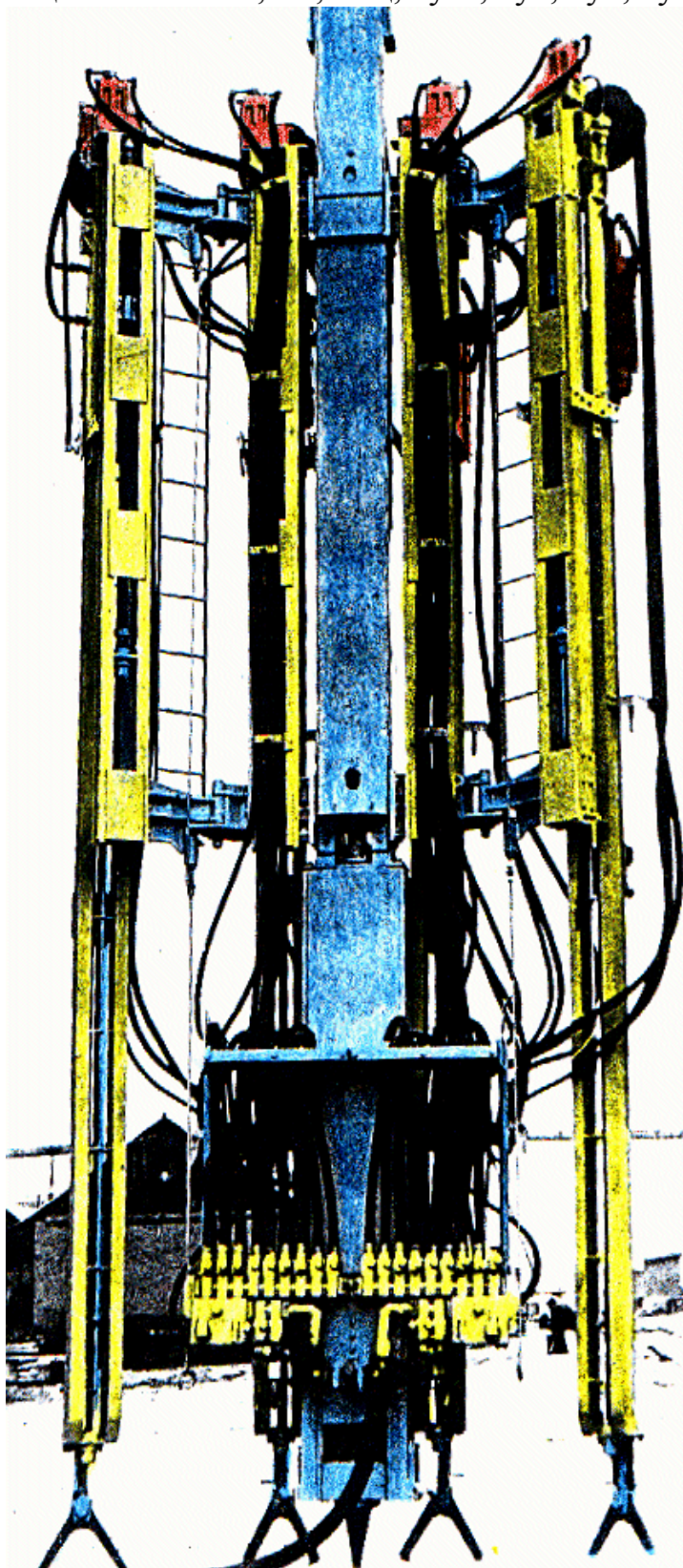
По форме образуемой полости различают следующие виды врубов: цилиндрический (призматический), конусный (воронкообразный), клиновой (для крутого падения пород), веерный (очередность взрывания обеспечивает постепенное увеличение врубовой полости) и другие (рис.7.2). Очередность взрывания шпуровых зарядов следующая: врубовые, отбойные, оконтуривающие.

Для бурения шпуров при сооружении вертикальных стволов в угольной и горнорудной промышленности используются механические способы бурения — ударно-поворотный, вращательно-ударный и ударно-вращательный (вращательный не используется).

Используемое оборудование: ручные перфораторы ПП-64, ПП-80, перфораторы импортного производства (Китай) и бурильные установки.

В основном применяют **бурильную установку БУКС** (рис.7.3), которая состоит из центральной телескопической распорной колонны и прикрепленных к ней 4-х манипуляторов. По манипуляторам («стрелам») перемещаются бурильные молотки. Два манипулятора прикреплены к распорной колонне неподвижно, а два – шарнирно на петлях, что позволяет устанавливать бурильные молотки в ряд при бурении шпуров и складывать в транспортное положение при спуске-подъеме по стволу. БУКС-1м во время бурения шпуров навешивается на тельфер породопогрузочного комплекса КС-2у/40, вместе с которым может перемещаться в кру-

говом и радиальном направлении по сечению ствола. Существует много модификаций БУКС: 1м, 2м, 1мц, 1у2т, 2у2, 1у3, 1у4, 1м5, 1м6, ОБУКС-1м



Бурильную установку БУКС обслуживают два проходчика с помощью пульта управления. Установка имеет устройство для очистки шпуров от буровой мелочи воздушно-водяной смесью, что обеспечивает интенсивный вынос её из шпуров и полное пылеподавление. Смесь поступает в забой каждого шпура из специальной ёмкости, установленной на подвесном полке, под давлением сжатого воздуха по резиновым рукавам и через центральный канал буровой штанги.

Дополнительные технические характеристики БУКС-1м:

- диаметр ствола в свету – 5,5...9м;
- количество бурильных машин – 4;
- глубина бурения шпуров – до 4,5м;
- возможный угол наклона бурильной машины – до 10°;
- максимальный расход сжатого воздуха – 60 м³/мин.;
- расстояние между шпурами (оптимальное) – 800мм;
- высота – 10,3м;
- диаметр описанной окружности (в транспортном положении) – 1,54м;
- масса – 7,5т.

Рис.7.3. Общий вид бурильной установки БУКС-1м.

Установка БУКС-1М разработана в ЦНИИподземмаш (г.Москва), выпускается Ясиноватским машиностроительным заводом. Одна такая установка заменяет работу 12...15 ручных перфораторов, т. е. повышает производительность труда проходчиков при бурении шпуров в 3...4 раза.

В мировой практике также существуют несколько модификаций буровой установки Jumbo различных производителей (Atlas Copco, Deilmann Haniel и др.). Установка имеет 4...6 манипуляторов, устанавливается на забой и раскрепляется в стены ствола. Хорошая производительность и надёжность.

Последовательность выполнения БВР.

После уборки всей породы и окончания зачистки забоя ствола до целика проходчики отцепляют грейфер КС-2у/40 от тельфера машины и устанавливают его в раскрытом положении на забой в любом секторе ствола, где бурение будет производиться в последнюю очередь.

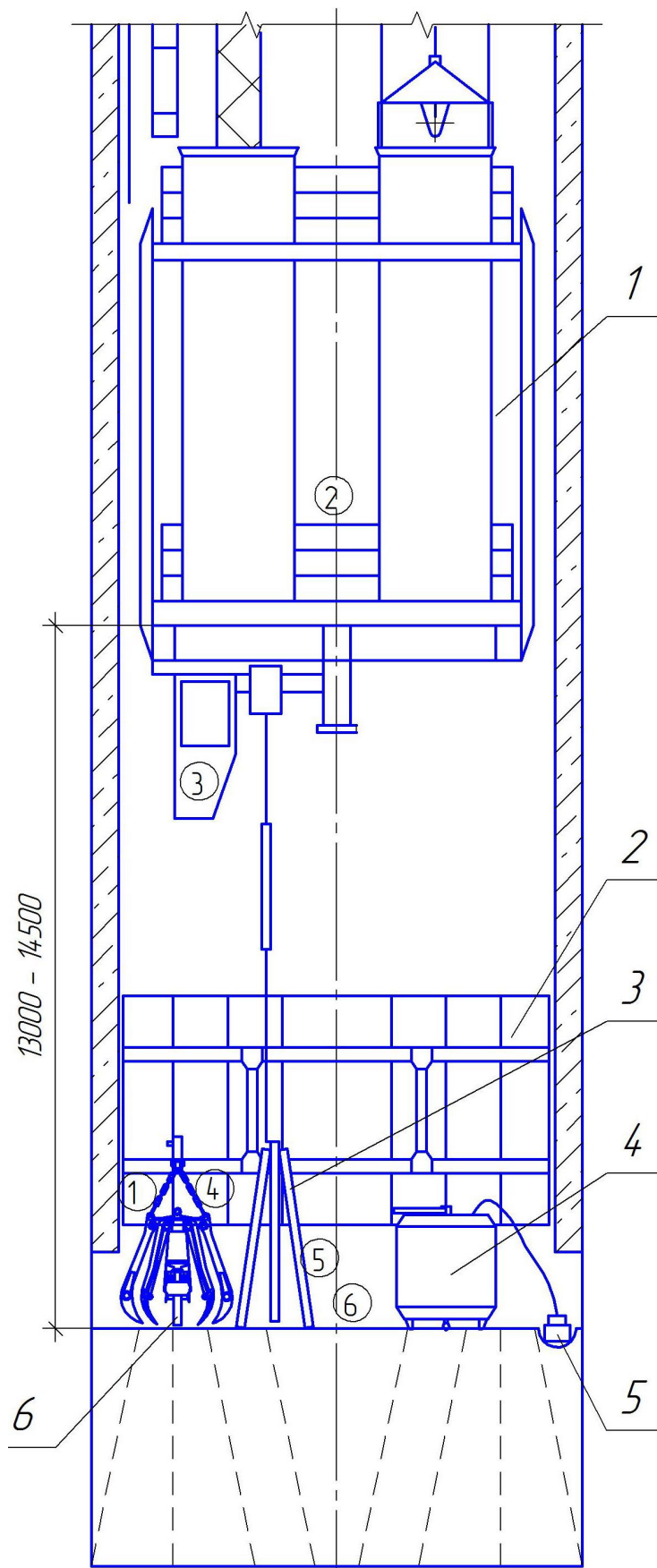
Одновременно с этим на поверхности производится такелаж бурильной установки из здания, в котором она постоянно находится и обслуживается, по тельферной дороге в копёр. Бадья подъёмной установки, которой будет опускаться БУКС в ствол, отцепляется от прицепного устройства в забое ствола или на нулевой площадке. В копре БУКС подвешивается на прицепное устройство, успокаивается от раскачивания, и опускается в ствол с малой скоростью (до 2 м/с) как негабарит.

В забое ствола БУКС навешивается на тельфер КС-2у/40, к нему подсоединяются коммуникации сжатого воздуха и промывки, приступают к бурению (рис.7.4). Предварительно горный мастер и бригадир выполняют разметку шпуров при помощи центрального отвеса, опущенного с полка, и специального шаблона с отметками, соответствующими радиусам окружностей шпуров.

По окончании бурения каждого из шпуров в его устье плотно вставляется деревянный колышек, обозначающий его фактическое расположение. По мере обуривания забоя согласно схемы расположения шпуров по паспорту БВР БУКС по сечению перемещается посредством КС-2у/40. Откачка скапливающейся в забое воды производится постоянно пневматическим забойным насосом в бадью.

По окончании бурения отсоединение и выдача на поверхность бурильной установки производится в порядке, обратном её спуску. В забое производят продувку шпуров сжатым воздухом с целью удаления из них остатков буровой мелочи, выдают на-гора всё лишнее, а грейфер подсоединяют к породопогрузочной машине.

На поверхности к этому времени к стволу подвозят взрывчатое вещество и подносят патроны-боевики. Горный мастер, осмотрев забой и проконтролировав содержание метана в стволовой атмосфере, даёт разрешение на производство взрывных работ. В определенных паспортом БВР местах вокруг копра устанавливаются трафареты «Стой! Идут взрывные работы!». ВВ и патроны-боевики спускаются в ствол отдельно со скоростью 2 м/с.



В зарядании помимо мастера-взрывника и горного мастера принимают участие проходчики, имеющие допуск органов МВД к обращению с ВМ (до 6-ти заряжающих). Каждый шпур проверяют деревянным забойником, имеющим длину на 0,5м больше длины шпура. Затем в шпур по одному посылают патроны ВВ, заряд уплотняют забойником, посылают патрон-боевик и опять уплотняют. Оставшуюся незаполненной часть шпура засыпают забойкой (граншлаком); провода электродетонаторов, выходящие из устья шпура, наматывают на колышек, который кладут рядом со шпуром.

После зарядания всех шпуров на забое монтируют собирательные провода для подключения электродетонаторов. Их монтируют на высоких колышках $h=0,8...1,0$ м, чтобы исключить подтопление мест соединения проводов электродетонаторов и возможное короткое замыкание через воду забоя во время взрывания и возможные «отказы» (невзорвавшиеся шпуровые заряды).

Рис.7.4. Схема размещения оборудования и персонала при бурении шпуров в стволе: 1 – полук; 2 – опалубка; 3 – бурильная установка; 4 – бадья; 5 – насос Н-2; 6 – грейфер комплекса КС-2у/40; ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥ – проходчики.

После этого все работники выезжают бадьёй на подвесной проходческий полок и поднимают его на взрывобезопасное расстояние от забоя – 30м.

Люди садятся в бадью и выезжают на-гора. Горный мастер удаляет весь персонал из копра и от копра на 50м, выставляет посты охраны и даёт разрешение мастеру-взрывнику на взрывание, который производит взрыв при помощи специальной взрывной станции.

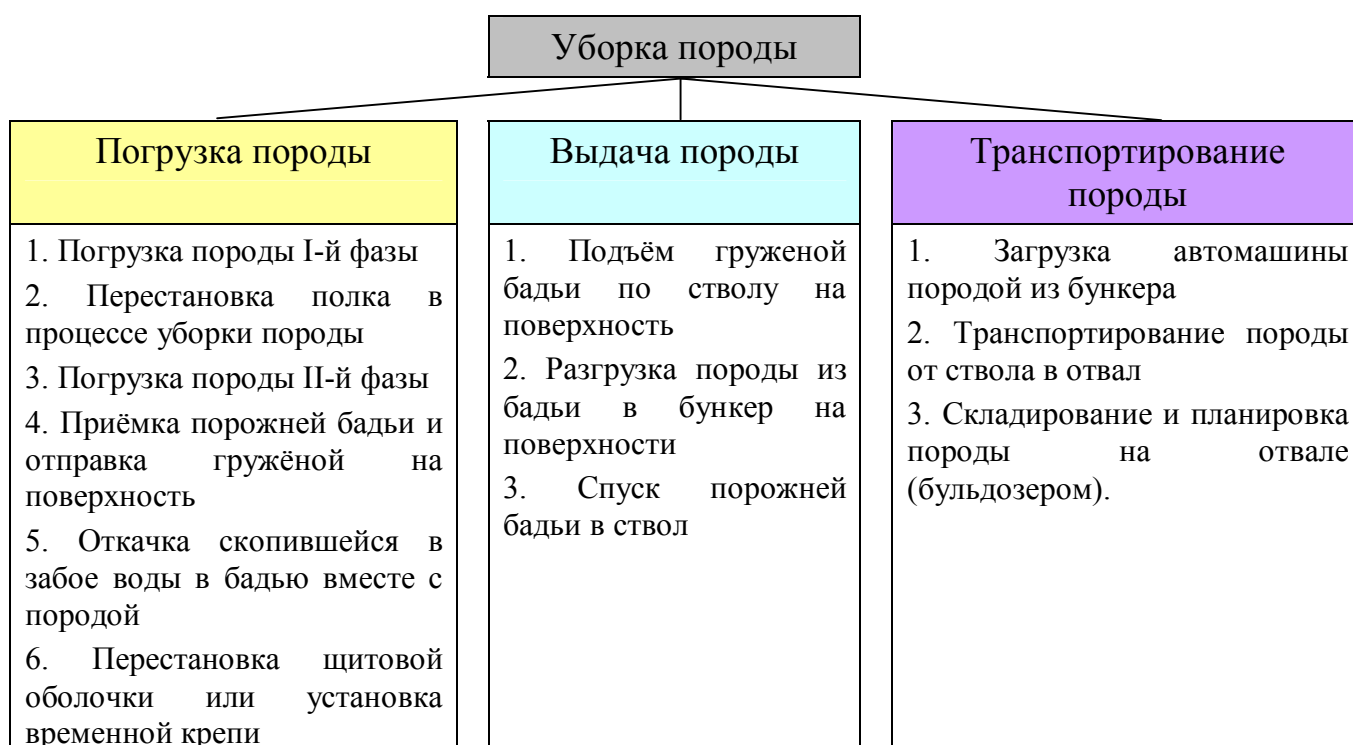
Во время взрыва ляды нулевой площадки находятся в открытом состоянии, а вентилятор запускают на повышенную скорость или включают одновременно два. Ствол должен проветриться за время, не превышающее 30 минут (ПБ, VI.1.1).

После проветривания в ствол опускаются горный мастер, мастер-взрывник и сигналист для осмотра забоя ствола после взрыва. При отсутствии видимых отказавших зарядов горный мастер даёт разрешение на возобновление работ в забое. В ствол опускаются остальные проходчики смены, спускают полок ближе к забою под уборку породы и приводят все рабочие места в безопасное состояние, а именно: убирают при наличии куски породы с этажей и металлоконструкций полка, с каркаса и самой призабойной опалубки, при необходимости меняют поврежденные пневмукава комплекса КС-2у/40 и гибкую вентиляционную трубу. Обычно эти работы занимают не более 20...30 минут.

Тема. **Строительство вертикальных стволов:
уборка породы, возведение постоянной крепи, организация работ.**

1. Уборка породы при проходке ствола.

Уборка породы из забоя ствола представляет собой комплексный процесс, включающий в себя последовательное выполнение следующих операций: 1) погрузку породы в бадьи; 2) выдачу породы на поверхность; 3) транспортирование породы в отвал.



Уборка породы является одним из наиболее трудоёмких процессов при проходке ствола, который по времени занимает до 40...50% продолжительности цикла.

Время на уборку породы определяется двумя факторами: производительностью погрузочных механизмов и подъёмных средств, с одной стороны, а также объёмом разрушенной породы и принятой технологией работ, - с другой.

Уборка породы начинается после приведения ствола в безопасное состояние и заканчивается зачисткой забоя для очередного бурения шпуров. При совмещенной схеме проходки этот процесс временно прерывается на период выполнения операций по возведению постоянной крепи, которые нельзя совместить с погрузкой.

Сложность и повышенная трудоёмкость работ по погрузке породы обусловлена специфическими условиями работы, а именно:

- 1) грейферные исполнительные органы погрузочной машины захватывают породу сверху вниз;
- 2) породу грузят в бадьи высотой до 2,2 м с ограниченным поперечным сечением;
- 3) стеснённые условия погрузки: рабочее пространство ограничено площадью забоя, в котором находятся люди, а также бадьи, насосы и другое проходческое оборудование;
- 4) оборудование для погрузки породы располагается по вертикальной схеме;
- 5) перед взрывом шпуровых зарядов погрузочное оборудование поднимается на безопасное расстояние, а после проветривания опускается к забою;
- б) наличие капежа и притока воды в забой ствола.

Все погрузочные машины, применяемые при проходке стволов, имеют исполнительный орган для захвата взорванной породы в виде многолопастного грейфера. По способу перемещения грейфера по забою все погрузочные машины подразделяются на машины с ручным вождением грейфера (легкого типа) и с механическим вождением грейфера (тяжелого) типа. В настоящее время ручная погрузка (лопатами) полностью исключена из практики сооружения стволов.

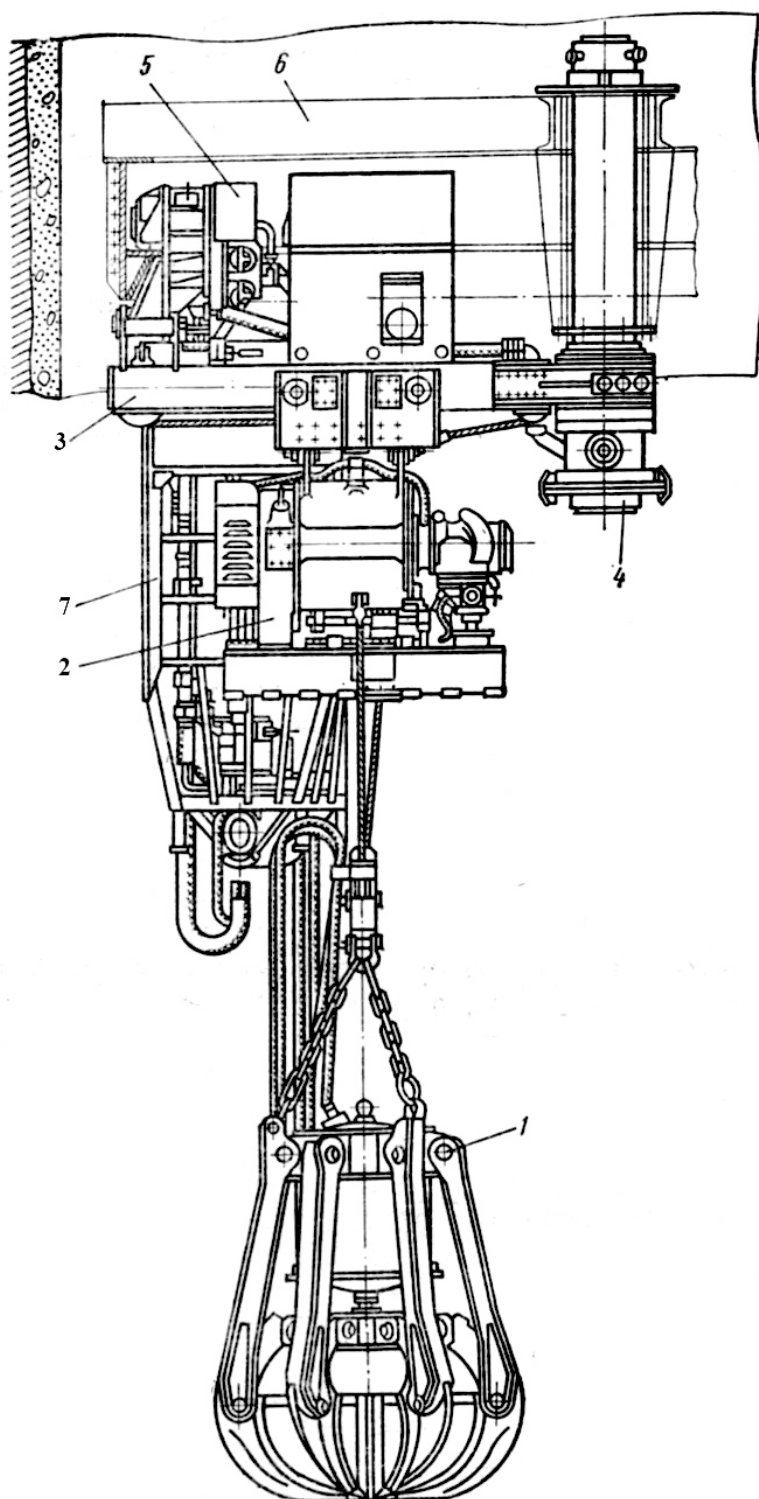
В настоящее время широко используются породопозрузочные машины с механизированным радиально-круговым вождением грейфера объёмом $0,65\text{ м}^3$ типа КС-2у/40 (2КС-2у/40 - двойная) и $1,25\text{ м}^3$ типа КС-1м (2КС-1м - двойная) разработки института ЦНИИподземмаш.

Машина монтируется под нижним этажом подвесного проходческого полка на центральной опоре и круговом монорельсе. Радиально-круговое передвижение грейфера обеспечивает механизированную погрузку породы в любой точке площади забоя ствола.

Наибольшее распространение получил породопозрузочный комплекс (машина) КС-2у/40 (рис.8.1). Грейфер 1 вместимостью $0,65\text{ м}^3$, подвешенный на канате к тельферу 2, с помощью лебедки перемещается по раме-турели 3. Рама одним концом шарнирно соединена с центральной опорой 4, другой ее конец прикреплен к тележке поворота 5, имеющей пневмодвигатель для перемещения по кольцевому монорельсу.

Управление работой грейфера осуществляется дистанционно машинистом из кабины 7, которая прикреплена к раме и вместе с ней перемещается по монорельсу. Рама и монорельс изготавливаются различных размеров в зависимости от диаметра ствола.

При сооружении стволов больших диаметров (8...8,5 м в свету) возможно применение сдвоенной погрузочной машины типа 2КС-2у/40. Машина имеет такие же узлы, как и машина КС-2у/40. Работа каждого грейфера независима. Машина обслуживается двумя машинистами.



Технические характеристики
КС-2у/40:

- 1) ёмкость грейфера – $0,65 \text{ м}^3$;
- 2) грузоподъёмность тельфера – 5т;
- 3) высота подъёма грейфера – 10м;
- 4) средняя продолжительность цикла черпания грейфера – 25...30 с ;
- 5) эксплуатационная производительность по погрузке породы – 60...80 $\text{м}^3/\text{час}$;
- 6) давление и расход сжатого воздуха – 5...7 бар и 50 $\text{м}^3/\text{мин}$. соответственно;
- 7) общая масса машины – 10 т;
- 8) основные размеры: диаметр в плане – 5,5...6,5м, высота – 7м;
- 9) диаметр грейфера: в раскрытом состоянии – 2500мм, в закрытом – 1600мм.

Рис.8.1. Погрузочная машина КС-2у/40: 1 – грейфер; 2 – тельфер; 3 – рама-турель; 4 – центральная опора; 5 – тележка поворота; 6 – подвесной полок; 7 – кабина машиниста.

Погрузочные машины с механическим вождением грейфера обеспечивают полную механизацию и высокую производительность работ по погрузке породы. Ручной труд при этом применяется только при обслуживании бады и при доведении стен ствола до проектных размеров отбойными молотками.

К недостаткам этих машин можно отнести их высокую стоимость, а также значительные затраты при эксплуатации в связи с большим расходом сжатого воздуха.

В зарубежной практике применяются грейферные погрузочные машины с радиально-круговым (монорельсовым и консольным) вождением грейфера в виде настенных и мостовых кранов и с телескопическим манипулятором. Привод может быть пневматический, электрический и гидравлический. Грейфер – от 2-х лопастного до многолопастного (6...8) «Кактус» или «Вретер» ёмкостью 0,5...0,85 м³. Цикл черпания – 18...25с. Производительность – 130...180 м³/час.

Последовательность уборки породы.

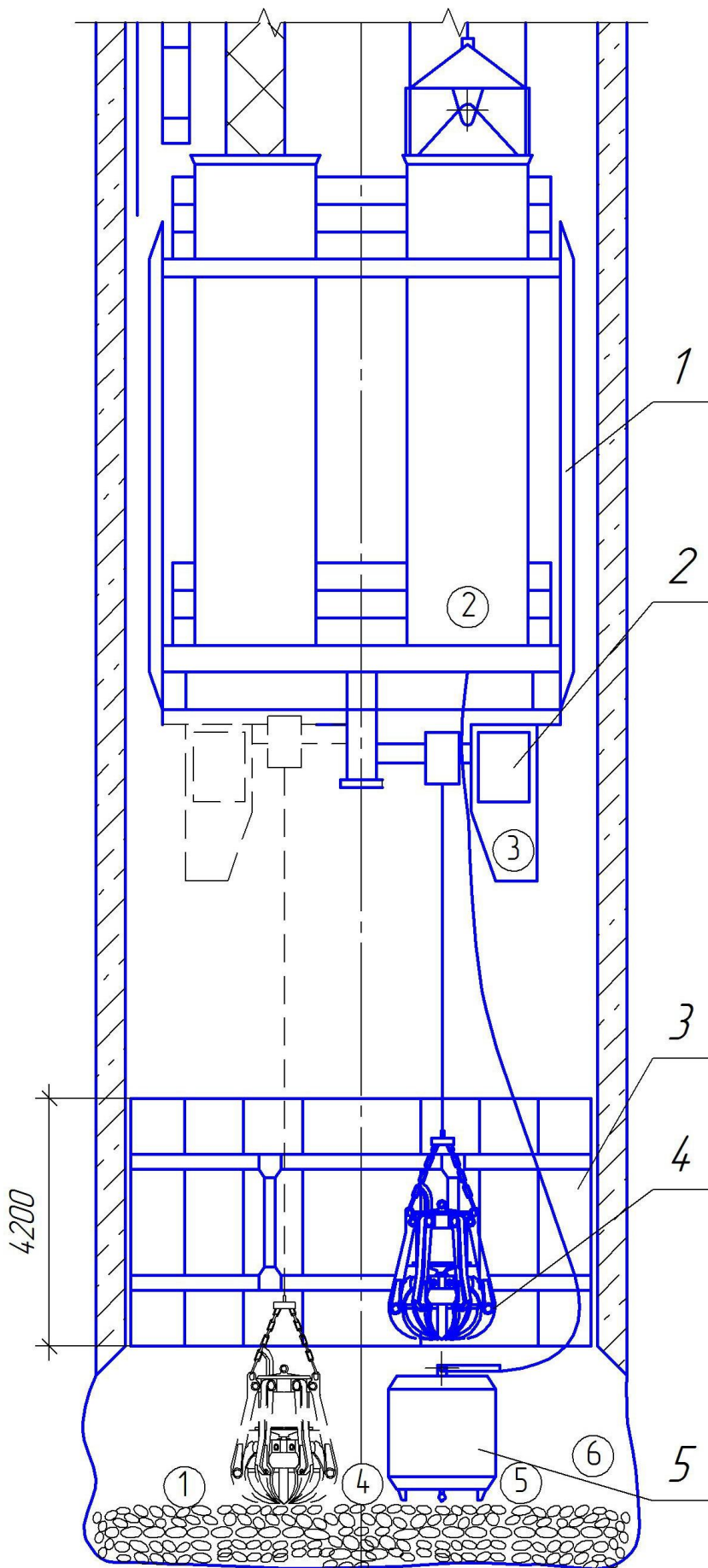
Демонстрация видео КС-3, КС-2у/40 и импортных погрузочных машин.

Для погрузки породы полк после взрывных работ опускают и устанавливают на расстоянии 10...12м от забоя ствола, центрируют его в сечении ствола по бадьям и тщательно раскрепляют в стены ствола с помощью гидродомкратов. Рабочие места приводят в безопасное состояние (см. ранее изложенное).

Работы по погрузке породы машинами с механизированным вождением грейфера выполняет звено проходчиков в составе 5...6 человек (рис.8.2): 1 – звеньевой бригадир (общее руководство и участие во всех процессах), 1 – машинист комплекса КС-2у/40, 1 – сигналист на полке (полковой), 1 – сигналист в забое, 2 – на приёмке-отправке бадей + откачка воды + работы в забое (см.далее).

Порядок выполнения работ по погрузке и приёмке-отправке бадей следующий: машинист подъёма останавливает бадью при спуске на расстоянии 5...6м выше верхнего этажа полка (выдержка). *Далее рассказать взаимодействие полкового сигналиста, машиниста КС, сигналиста в забое, рукоятчика-сигналиста и машиниста подъёма (выдержка, запрос сиреной, ответ, блокировка КСБ, спуск, выдержка перед забоем, сигнал на полк, спуск, остановка, загрузка породой, очистка бортов бадьи, подъём, остановка, успокоение от раскачивания и очистка днища, отправка на-гора, разгрузка в породный бункер, спуск обратно до полка).*

Непосредственно погрузку породы производит машинист комплекса, который находится в кабине. Это, как правило, высококвалифицированный проходчик 6-го разряда, прошедший специальные курсы машинистов КС и получивший соответствующее удостоверение



Проходчик-полковой находится на одном из этажей полка и следит за проходом бадьи через полк, нормальным входом и выходом её из зацепления с направляющей рамкой. Двери в раструбах на полке должны быть постоянно закрыты на засовы. Посадка и высадка людей из бадьи разрешается только на том этаже, где находится полковой.

Одновременно с уборкой породы проходчики, находящиеся в забое, дополнительно выполняют: 1) тщательно обирают стены ствола от заколов и отслоившихся кусков породы специальным инструментом – оборником (*рассказать*); 2) при необходимости доводят стены ствола вчерне до проектных размеров при помощи отбойных молотков таким образом, чтобы толщина будущей крепи была не меньше проектной; 3) откачивают забойным насосом Н-1м (Н-2) воду в бадьи и выдают вместе с породой или отдельно; 4) при уборке породы II фазы (на зачистке забоя) отбойными молотками отделяют от массива отслоившуюся породу и окучивают её для погрузки грейфером.

Рис.8.2. Схема размещения оборудования и персонала при уборке породы в стволе: 1 – полк; 2 – породопогрузочный комплекс КС-2у/40; 3 – опалубка; 4 – грейфер комплекса КС-2у/40; 5 – бадья; ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥ – проходчики.

2. Крепь вертикального ствола.

Постоянная крепь вертикального ствола определяет качество и надежность его функционирования.

Крепь ствола является искусственной грузонесущей конструкцией, предназначенной для восприятия горного давления, предотвращения обрушения пересекаемых горных пород и их изоляции от влияния различных атмосферных агентов в течение всего периода эксплуатации ствола.

Крепь является главным конструктивным элементом ствола, а процесс возведения крепи (крепление) – наиболее важным и ответственным технологическим процессом, непосредственно влияющим на качество работ. Крепь предопределяет долговечность и надёжность эксплуатации ствола, стоимость и трудоёмкость работ при его строительстве, приток воды в ствол и его аэродинамическое сопротивление воздушной струе. Стоимость крепи составляет до 50...60%, а трудоёмкость её возведения (в зависимости от конструкции) до 40% от общей стоимости и трудоёмкости проходки ствола.

К крепи ствола предъявляются следующие требования:

1. *Крепь должна быть прочной*, то есть воспринимать нагрузки от горного давления без деформаций, разрывов, трещин и т.п.

2. *Стены крепи должны быть вертикальными*. Их отклонение по радиусу от вертикальной оси ствола не должно превышать для монолитной бетонной (ж/б) крепи ± 50 мм, для тубинговой ± 30 мм; общее отклонение вертикальной оси ствола от проектной не должно превышать величины $(50+0,15 \cdot H)$ мм, где H – глубина ствола в метрах.

3. *Крепь должна иметь минимальное аэродинамическое сопротивление воздушной струе*. От этого зависит стабильное функционирование вентиляционной шахтной сети и работа вентилятора главного проветривания.

4. *Крепь должна обладать достаточной водонепроницаемостью и противостоять агрессии подземных вод*. Остаточный приток воды в ствол согласно нормативным документам не должен превышать 5 м³/час для стволов H до 800м.

5. *Крепь должна занимать минимальный объём* (иметь малую толщину, не превышающую проектную; меньше проектной также не допускается).

6. *Крепь должна отвечать условиям оптимальной механизации*, и тем самым иметь минимальную трудоёмкость по её возведению.

7. *Крепь должна иметь невысокую стоимость*, для её изготовления должны использоваться преимущественно местные материалы.

Известные виды крепи стволов:

1.	Монолитный бетон.	5.	Чугунные тубинги.
2.	Монолитный железобетон.	6.	Железобетонные тубинги.
3.	Кирпич.	7.	Набрызгбетон.
4.	Бетонит.	8.	Дерево.

В настоящее время всем вышеперечисленным требованиям, в основном, отвечает **монолитная бетонная крепь**. Ежегодный объём её применения в угольной и горно-рудной отраслях промышленности составляет 85...90%, а в горно-химической – 30...35% от общего объёма строительства стволов.

Достоинства монолитной бетонной крепи:

1. В стволе возводится сплошной цилиндр крепи с минимальным количеством швов.
2. В стволе создаются благоприятные условия для проветривания. Коэффициент аэродинамического сопротивления в 3...4 раза меньше, чем у тубинговой крепи.
3. Хорошая связь с окружающими породами («сцепляемость») убирает необходимость сооружения промежуточных опорных венцов.
4. Хорошая технологичность возведения крепи. При изготовлении, транспортировке и укладке материала крепи достигнут высокий уровень механизации работ (до 90% всех операций механизировано).
5. Относительно низкая стоимость материала крепи, возможность использования местных материалов (песок, щебень, иногда цемент).
6. Большой срок службы и огнестойкость.

Класс бетона по прочности и толщину крепи рассчитывают и закладывают в проектную документацию. Самый распространённый вариант – В 15 (марка М 200) и $d=500\text{мм}$. СНиП рекомендует применять для стволов бетон класса не ниже В 15.

Для контроля качества бетонной смеси ведут журнал учета приготовления и укладки бетона, а также на каждые 100 м^3 уложенного бетона изготавливают контрольные образцы размером $100\times 100\times 100\text{мм}$, которые в дальнейшем испытывают в лаборатории с определением предела прочности на сжатие в 7 и 28 суток.

3. Возведение постоянной крепи из монолитного бетона при проходке ствола.

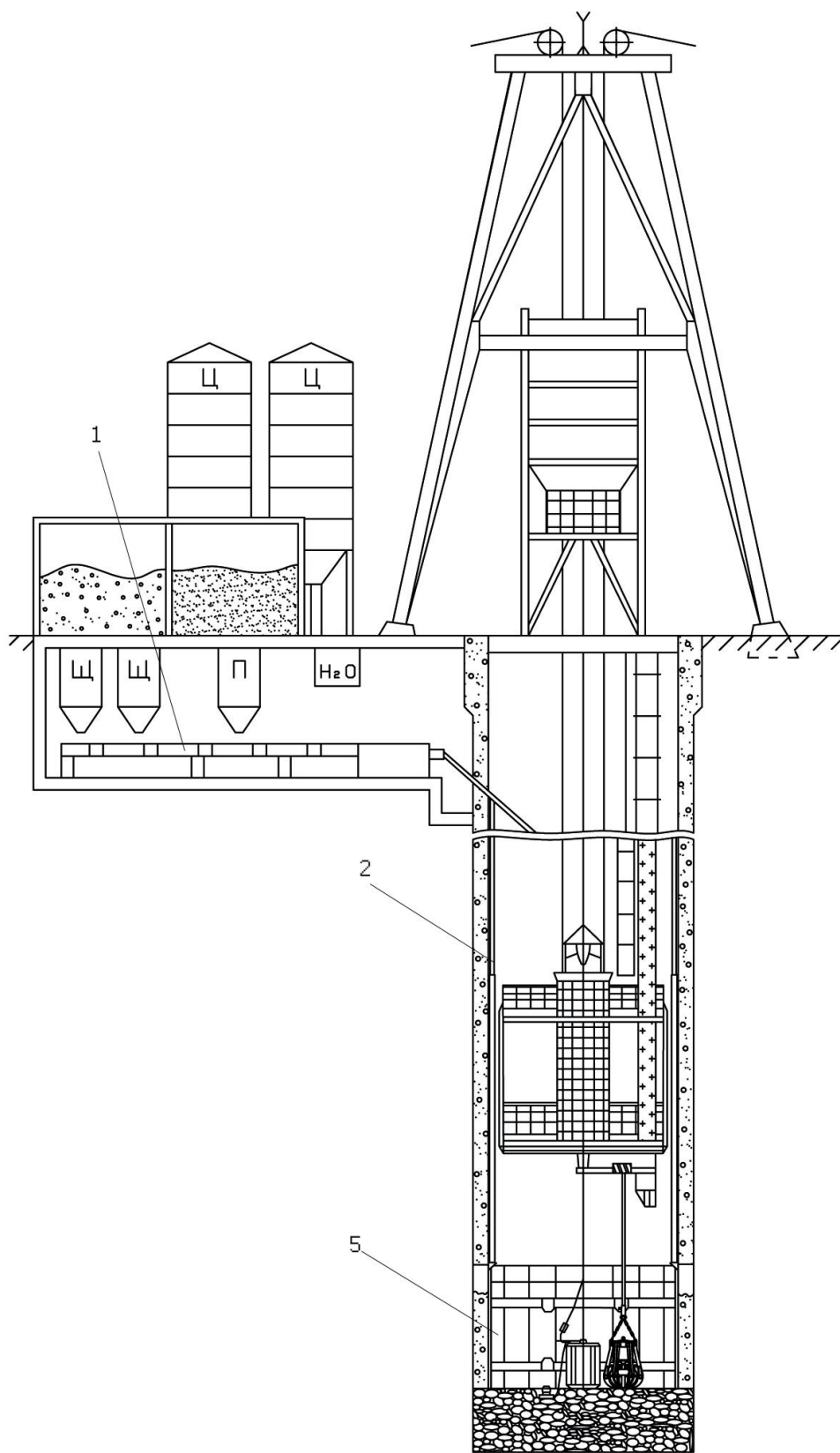
Комплекс работ по возведению бетонной крепи состоит из:

- 1) приготовления бетонной смеси, транспортирования её к стволу;
- 2) спуск смеси по стволу;
- 3) укладка её за опалубку.

Для крепления стволов монолитным бетоном при проходке ствола используют следующее **оборудование** (рис.8.3):

Бетоносмесительная установка (БСУ, БРУ) состоит из бетономешалки (или смесителя), сборного ленточного конвейера, бункеров песка и щебня с дозаторами, ёмкостей цемента (с дозатором) и воды. Производительность бетоносмесительных установок – $15...30\text{ м}^3/\text{час}$. Бетоносмесительные установки могут быть приствольные или поверхностные. Приствольные БРУ предпочтительно располагать в углубленной камере (специально сооруженной

или в вентиляционном канале), которая располагается непосредственно рядом с устьем ствола (рис.8.3).



- 1) бетоносмесительная установка;
 - 2) вертикальный бетонопровод;
 - 3) гаситель скорости бетона;
 - 4) гибкий бетонопровод;
 - 5) призабойная металлическая опалубка.
- В случае доставки бетона миксерами в состав оборудования добавляется приёмный лоток или приёмная воронка.

А. Без гасителя скорости

Б. С гасителем скорости

Рис.8.3. Оборудование для крепления стволов монолитным бетоном (обозначения в тексте).

Преимущество приствольных углублённых БРУ: отсутствие простоев по причине несвоевременной доставки бетонной смеси, поддержание песка и щебня в прогретом состоянии в зимнее время года (имеется система подогрева сыпучих).

В случае близкого расположения от стройплощадки ствола некоего бетонного производства необходимость в своей бетоносмесительной установке отпадает, и доставку бетонной смеси к стволу осуществляют автобетоновозами (миксерами). Тогда на нулевой площадке копра дополнительно устраивают *приёмную воронку*, которая располагается сверху вертикального става подачи бетона.

Вертикальный бетонопровод предназначен для спуска бетонной смеси с поверхности земли в ствол. Став монтируется из металлических труб диаметром 150...168мм с толщиной стенки 10...12мм (для увеличения времени истирания). При монтаже труб следует строго следить за их вертикальностью, так как при несоблюдении этого требования трубы быстро выходят из строя (истираются бетонной смесью).

Призобойная опалубка. Для возведения бетонной крепи сверху вниз вслед за подвиганием забоя ствола существует множество конструкций передвижных опалубок.

К ним предъявляются следующие требования:

- 1) цилиндрическая форма;
- 2) гладкая наружная поверхность;
- 3) возможность уменьшения диаметра на 50...120мм для отрыва от бетона;
- 4) простота конструкции;
- 5) минимальная масса.

Конструктивно опалубка представляет собой металлический цилиндр с внешним диаметром, равным диаметру ствола в свету (от 4,5м до 9,0м с интервалом каждые 0,5м). Обычно опалубка имеет небольшую конусность (разность диаметров вверху и внизу опалубки до 30...50мм) для облегчения её отрыва и перемещения на новую заходку. Рабочая высота опалубки находится в интервале 2...5м.

Последовательность возведения крепи из монолитного бетона.

По мере уборки породы нижний торец бетонной крепи последней заходки очищается от смеси породы с вытекшим цементно-песчаным раствором. Далее взорванная порода убирается на высоту опалубки (3,3...4,2м), и по мере понижения забоя породные стены ствола дорабатываются отбойными молотками до проектной толщины постоянной крепи. По центру ствола оставляется 10...15 м³ породы для последующей подсыпки опалубки после центровки, а по периферии пробирается «дорожка» под новое положение опалубки. Порода разравнивается горизонтально по уровню одинакового расстояния от текущего положения опалубки (применяется высотный шаблон).

После этого без присутствия людей в забое (они находятся на полке или в бадье) даётся сигнал на спуск канатов подвески опалубки, при движении каркаса опалубки вниз она сжимается по диаметру, в результате чего отрывается от бетонной крепи и при дальнейшем спуске устанавливается на взорванную породу. При помощи маневрирования канатами подвески опалубка центрируется таким образом, что от центрального отвеса, опущенного в забой, по 8-ми направлениям

устанавливаются проектные радиусы, измеряемые специальным шаблоном. После этого низ опалубки при помощи КС-2у/40 подсыпается породой, оставленной по центру в забое; в карманы опалубки устанавливаются отбойные плиты и заводятся бетонопроводы. Приступают к укладке бетона за опалубку. Направление бетонирования: в опалубке (заходке) – снизу вверх, заходки по стволу – сверху вниз.

Бетонная смесь в процессе укладки распределяется и уплотняется за опалубкой глубинными вибраторами или сжатым воздухом, подаваемым через трубчатые продувалки длиной 3м. Бетонировка верхнего пояса опалубки («подливка») связана со значительным перемещением бетонной смеси по периметру ствола. При качественном выполнении «подливки» стык соседних заходов получается без разрыва. Если по нему имеется шов, то он должен быть плотно заделан с подвесного полка. Крепь ствола должна быть гладкой, не иметь раковин и разрывов.

При укладке бетонной смеси за опалубку проходчики (2...3 человека) находятся на верхнем кольце её каркаса (высота от забоя 3м), застрахованные предохранительными поясами за страховочный трос, натянутый по верху опалубки.

В стволах со значительным водопритоком по стенам ствола и капежом следует принимать меры по недопущению попадания воды в укладываемую бетонную смесь, что может привести к вымыванию из неё цемента и получению некачественного бетона.

По окончании укладки бетонной смеси на высоту опалубки прочищаются бетонопроводы (промывка водой 1...2 м³) и возобновляется уборка породы. Уборка породы может быть начата и раньше, до окончания бетонирования. Если первый слой бетона высотой 1м укладывался с ускорителем схватывания (CaCl₂), то приступать к уборке породы можно через 2...3 часа после этого. Срыв и перемещение опалубки возможно через 12 часов после окончания бетонирования.

4. График организации работ проходческого цикла.

Важным элементом грамотной организации работ по проходке вертикального ствола является составление и анализ выполнения графика работ проходческого цикла.

Он составляется начальником участка или производственной службой управления на основе проведенных расчётов производительности работ при выполнении той или иной проходческой операции или на основе трудоёмкости выполнения отдельных работ проходческого цикла в соответствии с нормативной документацией (см. ЕНиР или ДБН).

В основу графика положено время одного проходческого цикла $T_{ц}$, полученное расчётом на основании суммарной трудоёмкости всех работ и явочного состава проходческой бригады (звена).

Ознакомить подробно с графиком (рис.8.4) и учётом его выполнения.

ЛЕКЦИЯ № 9

Тема. Строительство вертикальных стволов: сооружение сопряжений, армирование, переходной период.

1. Общие сведения о сопряжениях в стволах.

Проходка (рассечка) сопряжений, приствольных выработок и камер входит в состав работ по сооружению ствола (см. Лекцию 7 – t_3).

Сопряжением называется участок горизонтальной выработки околоствольного двора, непосредственно примыкающий к стволу.

С вертикальным стволом сопрягаются следующие выработки (рис.7.1):

1. Каналы различного назначения (калориферный, вентиляционный, кабельный).
2. Выработки околоствольных дворов вентиляционного горизонта и рабочего (основного) горизонта.
3. Ходки различного назначения (водотрубный, в камеру зумпфовых насосов, для проветривания склада ВВ и др.).
4. Камеры (зумпфового водоотлива, водоотлива (перекачные), а в скиповом стволе: загрузочных устройств, питателя и дозатора).

Объёмы сопряжений по сравнению с объёмами стволов незначительны (до 10...20%), однако их сооружение выполняется с более низкими темпами. Это объясняется тем, что затраты труда (в человеко-сменах) на 1 м³ сопряжения в свету в 10...12 раз больше затрат труда на 1 м³ ствола. И если в настоящее время численный состав стволовой проходческой бригады обычно составляет в смену 4...5 чел. (явочный), то для проходки приствольных камер и сопряжений по технологии и нормам требуется это количество увеличить в 2...3 раза, что осуществить на короткое время практически нереально. В результате скорость проходки на этих работах остается низкой и составляет в среднем 250...400 м³/месяц при нормативе 300 м³ в свету/месяц. Сооружение каждого сопряжения в среднем продолжается от 1 до 3 месяцев в зависимости от его объёма и сложности.

Факторы, затрудняющие проходку сопряжений:

- 1) большие обнажения горных пород в связи со значительным пролётом и высотой сопряжения;
- 2) разнообразие и сложность конструкций сопряжения для одного и того же ствола;
- 3) горизонтальные перемещения породы и материалов на расстояние до 10м и более, что осложняет производство работ в связи с необходимостью применения малогабаритных погрузочно-доставочных машин и пневмотранспорта бетона за опалубку;
- 4) отсутствие специальных машин и механизмов для проходки сопряжений;
- 5) большой объём бетонных работ с применением опалубки, изготовленной по

индивидуальному проекту;

б) необходимость переоборудования некоторых стволовых забойных механизмов.

СНиПом и **ДБН** установлены следующие **объёмы сопряжений**, которые должны быть сооружены вместе с вертикальным стволом:

1) выработки вентиляционных горизонтов – на расстояние от ствола не менее 5 м;

2) выработки основных (откаточных) горизонтов – на расстояние от ствола не менее 10м;

3) камеры загрузочных устройств, дозаторов на скиповых стволах и другие камеры ввиду своей малой длины должны быть сооружены в полном объёме.

Если после проходки сопряжения длиной более 6м продолжают проходку ствола, то в таком сопряжении должна быть выполнена вентиляционная перемычка (требование ПБ, раздел VI.4.5).

Форма и размеры сопряжений определяются физико-механическими свойствами пород, диаметром ствола и типом околоствольного двора. Поперечное сечение сопряжений может быть сводчатым (чаще всего), прямоугольным и реже круглым.

Высота сопряжения в месте пересечения его со стволом определяется из условия пропуска длинномерного материала (рельсов-12,5м, труб-12м).

Ширина сопряжения обуславливается суммарной шириной по фронту действующих клетей с учетом наличия с обеих сторон боковых проходов шириной не менее 1 м. Она может быть и более диаметра ствола в свету, но обычно меньше. Определяется расчётом по геометрическим параметрам ствола и сопрягающейся выработки.

Виды крепи сводчатого сопряжения.

1. Монолитный бетон применяется в устойчивых породах средней крепости ($f=4...7$) при ширине сопряжения B до 5м и в крепких породах ($f > 7...9$) при $B > 5м$.

2. Монолитный железобетон применяется в устойчивых породах средней крепости ($f=4...7$) при ширине сопряжения B более 5м.

3. Металлобетонная крепь (металлические арки из двутавра или спецпрофиля в бетоне) применяется в слабых породах ($f \leq 3$) и в условиях высокого горного давления.

Как видно, все виды крепи относятся к жестким крепям (в каждом есть бетонный элемент), так как сопряжения относятся к капитальным горным выработкам, вокруг которых должны быть исключены любые подвижки горного массива.

Крепь ствола в районе сопряжений, как правило, выполняется железобетонной. Переход по стволу на железобетон выполняют согласно проекту: обычно за 20м до сопряжения, - и отменяют через 10 м после него. За 5...6м до кровли сопряжения в крепи ствола обязательно устраивают опорный венец.

Количество сопряжений на одном стволе зависит от системы вскрытия шахтного поля, угла падения полезного ископаемого и от назначения ствола. Может быть от 1 (на конечной глубине при пологом залегании пласта и отработке шахтного поля одним горизонтом) до 10...15 и более (крутое падение и множество рабочих горизонтов) сопряжений на одном стволе.

Сопряжения могут быть двухсторонними, когда их рассечка идёт в обе стороны от оси ствола (чаще всего), и односторонними (применяются реже).

2. Технология выполнения работ и применяемое оборудование при рассечке сопряжений в стволах.

Учитывая значительную высоту сопряжения на контакте со стволом, целесообразно (особенно в слабых породах) организовать его сооружение отдельными слоями сверху вниз (рис.9.1).

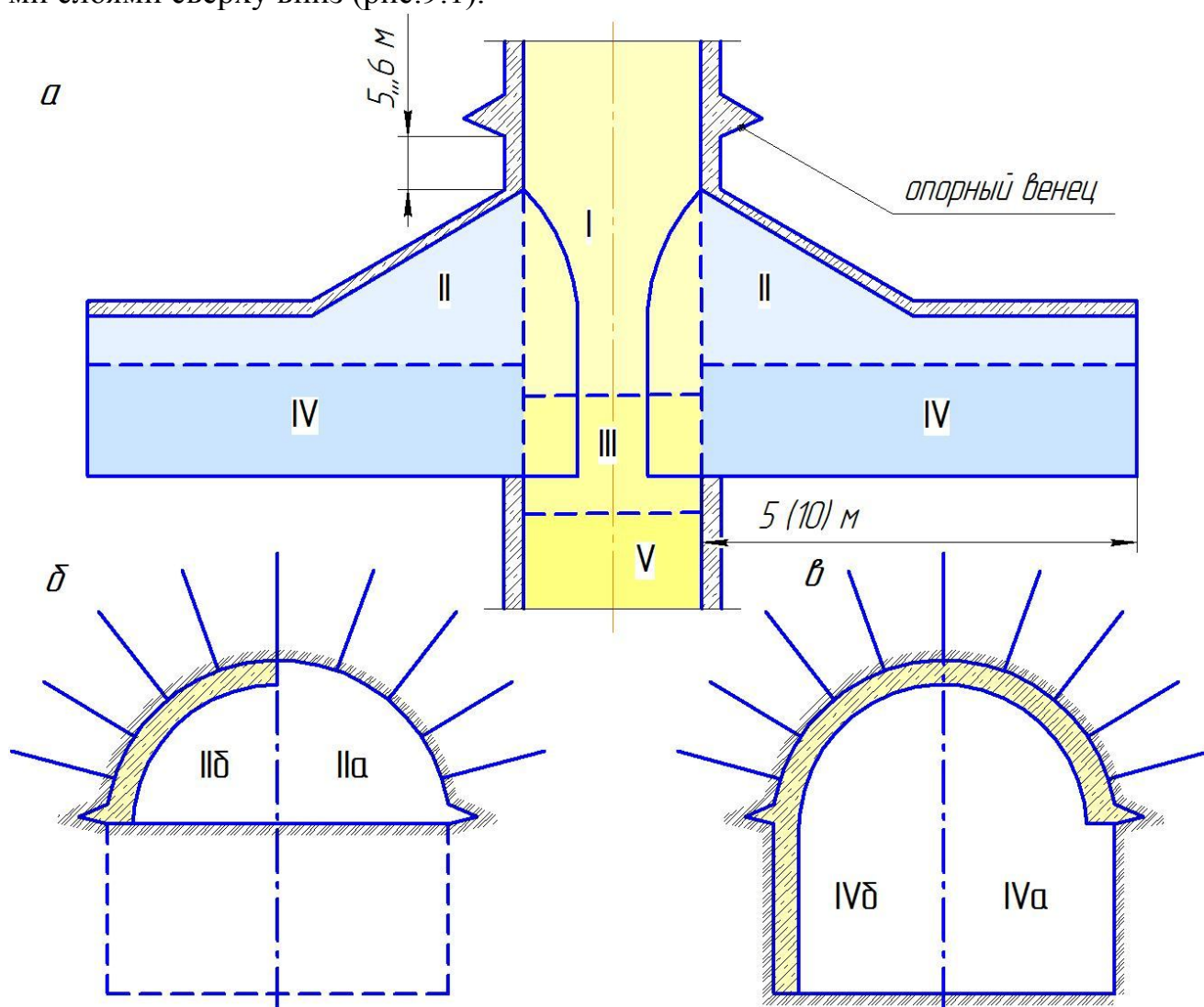


Рис.9.1. Последовательность сооружения сопряжения слоями сверху вниз.

Высота слоя принимается 2...4м. Вначале ствол углубляют ниже нижней границы верхнего слоя (фаза I, кроме крепления). Далее работы проводят в последовательности, изображённой на рис.9.1, а (рассказать).

Фаза Па – выемка породы в верхнем слое на всю длину сопряжения с возведением временной анкерной крепи.

Фаза Пб – возведение постоянной крепи от забоя сопряжения к стволу. Фаза П – самая трудоёмкая.

Выполнение основных технологических процессов расчистки сопряжений производится с максимальным использованием оборудования, применяемого для проходки стволов. Коротко рассмотрим технологию по порядку (рис.9.2).

Рассказать по рисунку о выполнении маркшейдерских работ, бурении шпуров, взрывных работах, временном креплении, уборке породы, постоянном креплении.

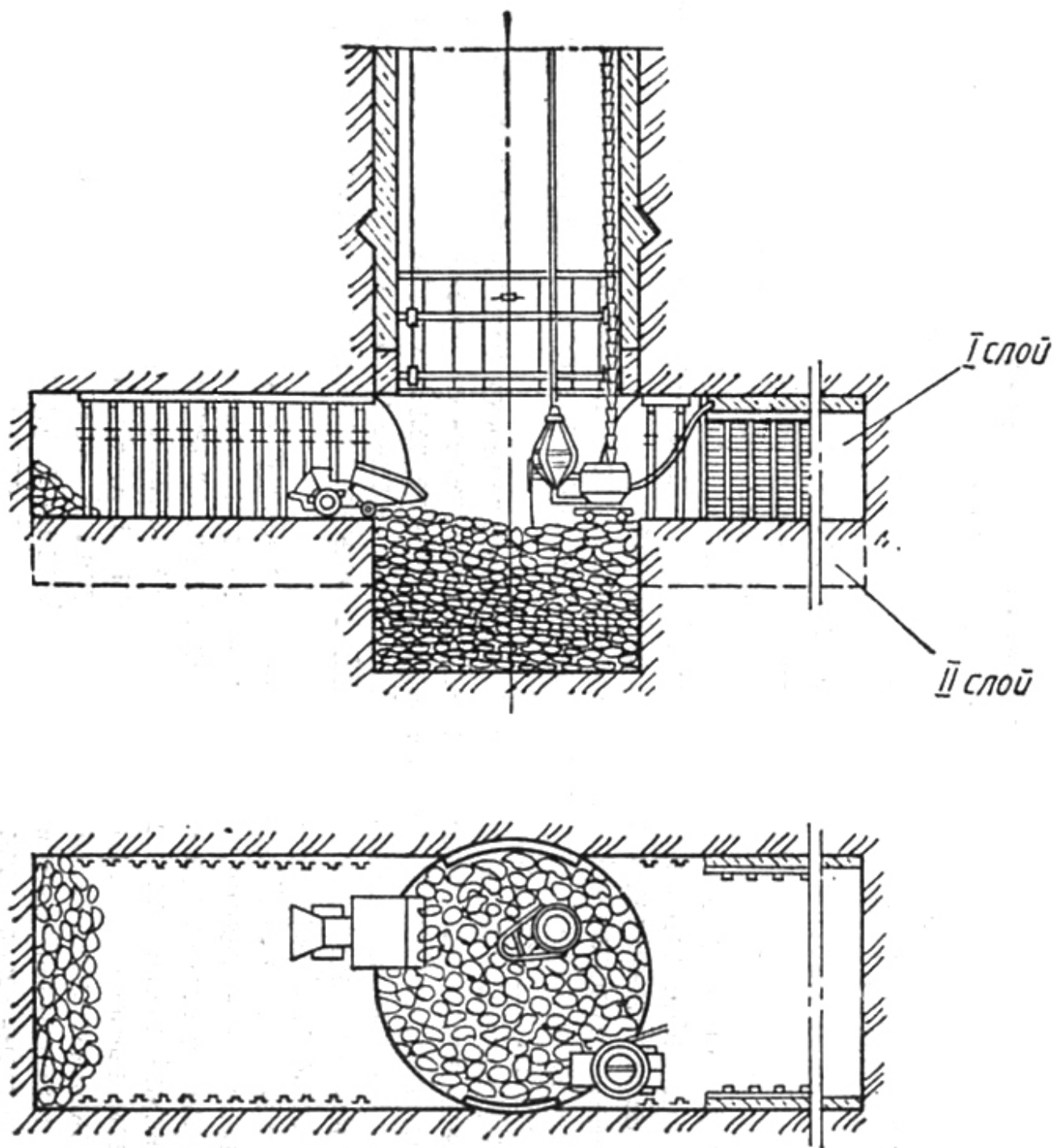


Рис.9.2. Схема расположения оборудования во время уборки породы и возведения постоянной крепи сопряжения.

3. Элементы армировки вертикальных стволов.

Для возможности эксплуатации ствола в полноценном рабочем режиме необходимо в нем смонтировать армировку.

Армировка – это внутреннее оборудование ствола, которое обеспечивает движение подъемных сосудов и связь шахтной поверхности с подземными горизонтами посредством коммуникаций различного назначения.

Армирование – это процесс монтажа элементов армировки в стволе.

Армировка стволов разделяется на жесткую, эластичную (канатную) и комбинированную.

Элементы жесткой армировки (рис.9.3):

1. Проводники (основной элемент) служат для направления подъемных сосудов при движении по стволу.
2. Расстрелы служат для закрепления на них проводников, а также полков лестничных отделений и трубопроводов. Заделываются в постоянную крепь ствола в лунках или на анкерах.
3. Лестничные отделения. Выполняются в виде отдельных полков, смонтированных на расстрелах, лестниц между полками и ограждений.
4. Трубопроводы различного назначения (водоотлива, сжатого воздуха, дегазации, противопожарно-оросительного и питьевого водоснабжения, подачи хладоносителя, эмульсии и др.). Монтируются с опорой на специальные мощные расстрелы, называемые опорными металлоконструкциями под трубопроводы.
5. Кабели различного назначения (силовые, сигнальные, телефонные, блокировки и др.), подвешиваемые на кронштейнах. Кронштейны на штырях крепятся к постоянной крепи ствола.
6. Оборудование горизонта и зумпфовой части ствола.

Элементы эластичной армировки (рис.9.4):

1. Канатные проводники (основной элемент) служат для направления подъемных сосудов при движении по стволу. Закрепляются на подшивной площадке копра и в зумпфе ствола, натягиваются подвешенными к ним грузами или специальными натяжными устройствами.
- 2, 3 и 4. Лестничные отделения, трубопроводы и кабели выполняются аналогично жесткой армировке.

Канатная армировка обеспечивает более высокую скорость подъема, плавное движение подъемных сосудов по стволу, снижает аэродинамическое сопротивление ствола, а первоначальная стоимость ее устройства ниже, чем жесткой. Вместе с тем для удовлетворения требований Правил безопасности в части величины зазора между сосудами, между сосудами и крепью ствола приходится идти на увеличение проектного сечения ствола (на 0,5...1м по $D_{св}$), что ведет к удорожанию стоимости его проходки по сравнению с проходкой при жесткой армировке.

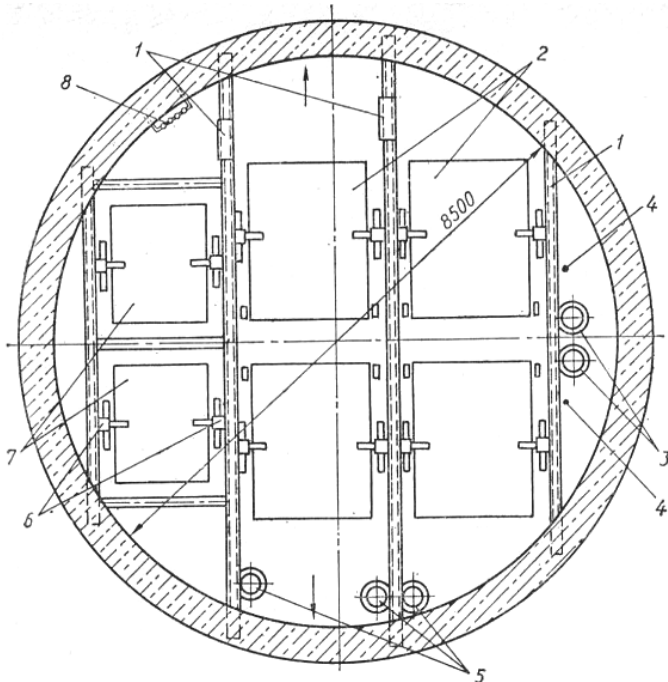


Рис.9.3. Сечение скипового ствола в эксплуатации: 1 – главные коробчатые расстрелы; 2 – угольные скипы; 3 – трубы сжатого воздуха; 4 – сигнальный трос; 5 – трубы дегазации; 6 – коробчатые проводники; 7 – породные скипы; 8 – сигнальные и телефонные кабели.

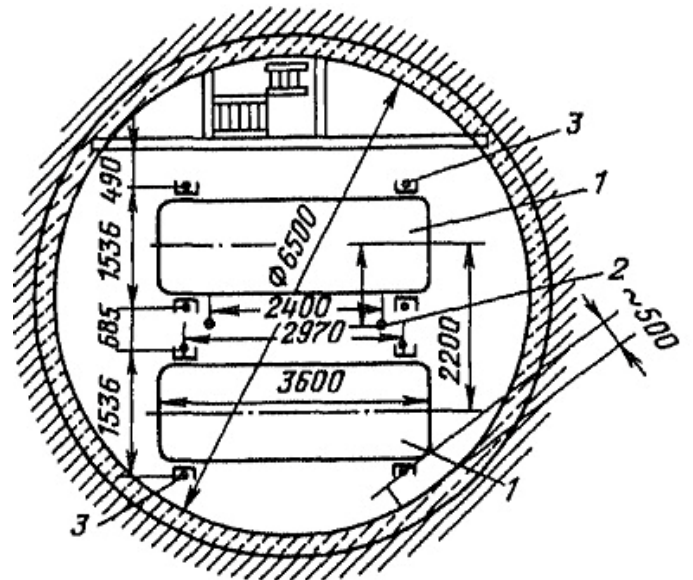


Рис.9.4. Сечение клетового ствола с канатной арматурой: 1 – клетки; 2 – отбойные канаты; 3 – направляющие канаты.

Кроме того, срок службы канатной армировки меньше, чем жёсткой, что приводит к дополнительным затратам на её периодическую замену в период эксплуатации ствола.

Комбинированная армировка представлена элементами жёсткой и канатной. Например, для основных подъёмных сосудов применяется жёсткая, для противовесов – канатная (рис.7.2). В этом случае не требуется увеличение $D_{св}$.

Расстрелы. В современной практике расстрелы изготавливают из металла и железобетона (ранее в прямоугольных стволах применяли деревянные). Расстрелы из железобетона, как правило, используются при армировании стволов, имеющих притоки агрессивных вод.

В основном применяют металлические двутавровые и коробчатые расстрелы. В зависимости от воспринимаемой нагрузки для двутавровых используют балки № 27С, 36С и № 40, для коробчатых – уголок 200x125x12 или прямоугольные трубы из стали марки 45. Важным условием при выборе профиля является срок службы армировки по фактору устойчивости к коррозии. Чем больше толщина стенки профиля, тем дольше будет служить расстрел. Поэтому принимают $\delta=9...12$ мм.

Проводники. Проводники жёсткой армировки могут быть металлические и деревянные. Деревянные проводники прямоугольного сечения изготавливают из лиственницы и обрабатывают антисептиками (концевые проводники при эластичной армировке).

Металлические проводники в зависимости от расположения концевой нагрузки и скорости подъемного сосуда применяют рельсовые и коробчатые. Для рельсовых используют стандартные железнодорожные рельсы Р-38, Р-43 и Р-50 длиной 12,5 м. Коробчатые проводники прямоугольного (квадратного) сечения изготавливают из двух уголков номеров от 160x160 до 220x220 мм или из двух швеллеров соответствующих номеров.

Расстрелы, расположенные в одной горизонтальной плоскости, называются **ярусом**. Расстояние по вертикали между ярусами расстрелов принимается кратным длине проводников. При длине рельсов 12,5 м и температурном зазоре между торцами проводников 4 мм расстояние между ярусами расстрелов по вертикали принимается 3126 мм (4 пролёта), 4168 мм (3 пролёта) и 6252 мм (2 пролёта). При стандартной длине коробчатых проводников 12 м расстояние между ярусами расстрелов принимается 4м (3 пролёта) или 6м (2 пролёта).

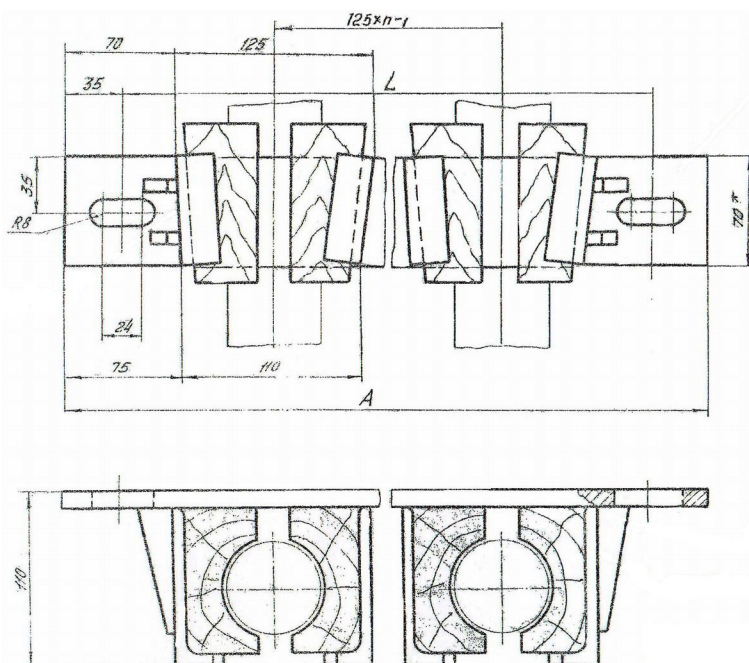
Лестничные отделения.

Металлоконструкции лестничных отделений состоят из расстрелов, настилов, лестниц и ограждений. Для л/о могут использоваться расстрелы, выполняющие основные функции, а могут монтироваться отдельные. Для настилов используют рифлёную сталь толщиной не менее 5мм, лестницы должны иметь наклон не более 80 градусов и устанавливаются в шахматном порядке, ограждения должны перекрывать весь пролёт между расстрелами и выполняются сплошными, сетчатыми или решётчатыми.

Опорные конструкции под трубопроводы.

Представляют из себя мощные расстрелы: усиленные двутавровые балки № 36, 40 и более, на которые крепятся парные вспомогательные расстрелы (1 пара на 1 трубопровод), один из которых выполняется съёмным для удобства монтажа трубопроводов. Опорные конструкции монтируются по стволу с шагом 90...150м.

Кабельные кронштейны.



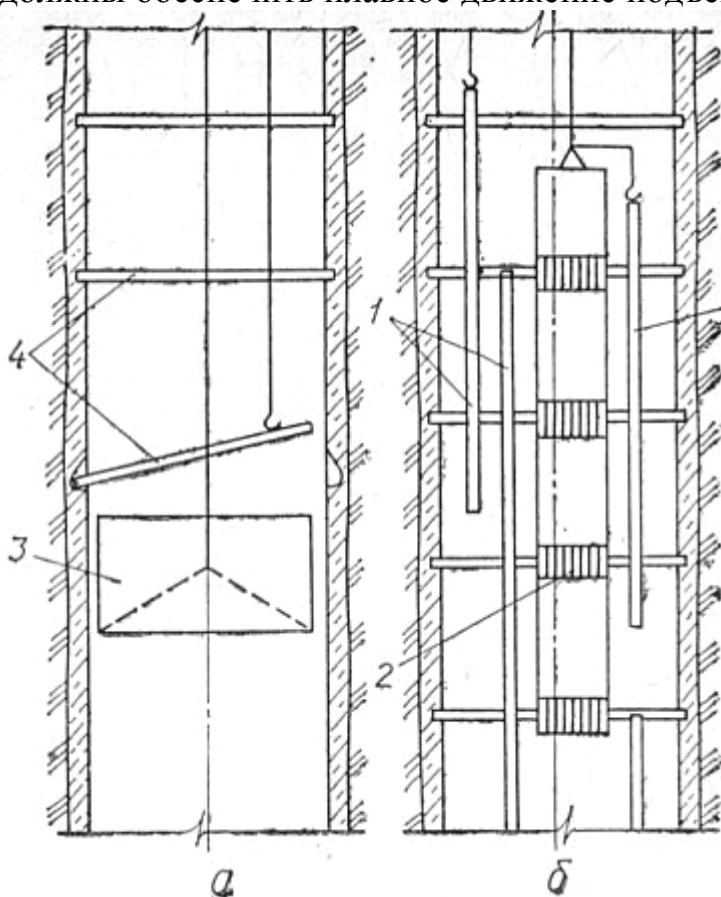
Служат для закрепления кабелей при прокладке их по стволу. Шаг установки кронштейнов в зависимости от нагрузки на них – 4...6м. Устанавливаются, в основном, с креплением штырями к стенам ствола, но могут при необходимости крепиться и к расстрелам (принято в рудной промышленности). Кабели в кронштейнах фиксируются клиновыми деревянными клицами и удерживаются в них силами трения (рис.9.5).

Рис.9.5. Общий вид узла крепления кабеля в кронштейне.

4. Монтаж армировки в стволах (армирование).

Армирование ствола включает в себя работы по установке расстрелов, навеске проводников, трубопроводов, кабелей и устройству лестничных отделений.

Объем и продолжительность работ по армированию значительно меньше, чем работ по проходке. Так, при сооружении стволов в Донбассе продолжительность армирования в зависимости от глубины ствола (вне учета сложности армировки) составляет 8...13,5% общего времени сооружения ствола. Скорость армирования изменяется в значительных пределах, что обуславливается рядом обстоятельств (глубиной ствола, сложностью армировки, принятой схемой производства работ), и в средних условиях составляет 8...10 м/сут., достигая в отдельных случаях до 20...25 м/сут. Нормативные темпы армирования согласно СНиП и ДБН – 300 м/мес. Армирование с точки зрения продолжительности и скорости производства работ не является сдерживающим фактором сооружения стволов, но с точки зрения качества этих работ при эксплуатации стволов, особенно при большой их глубине, значительных концевых нагрузках и высоких скоростях подъема, требует исключительной точности при установке расстрелов и проводников, которые должны обеспечить плавное движение подъемных сосудов по стволу.



Работы по армированию ствола могут быть начаты при наличии необходимой технической документации (проекта сечения и армирования ствола). В период армирования, когда работы будут производиться по всей протяженности ствола, необходимо обеспечить его постоянное проветривание и откачку воды из зумпфовой части.

Оптимальным решением вопросов вентиляции и водоотлива при армировании является наличие сбойки ствола с действующими выработками шахты или рядом расположенным другим вертикальным стволом.

Рис.9.6. Технология выполнения работ при армирования ствола:

а – монтаж расстрелов; б - навеска проводников; 1 – проводники; 2 – люлька; 3 – подвесной армировочный полок; 4 – расстрелы.

Вкратце по рис. 9.6 рассказать об основных технологических процессах при армировании: разделка лунок, монтаж расстрелов, центрирование яруса, бетонирование лунок, навеска проводников.

5. Переход от I-го ко II-му периоду строительства горного предприятия.

Переходный период наступает после окончания сооружения стволов (I-го этапа строительства шахты или рудника), включая сопряжения с выработками околоствольного двора и загрузочными камерами, армирование стволов. А по завершении работ переходного периода приступают к проведению горизонтальных и наклонных выработок (II-му этапу строительства шахты или рудника).

Переходные работы состоят в следующем:

1. Замена временного проходческого копра на постоянный или адаптация постоянного копра, который использовался для проходки ствола, к работе в эксплуатационном режиме.

2. Замена временной проходческой подъёмной машины на постоянную или адаптация постоянной подъёмной машины, которая использовалась при проходке ствола, к работе в эксплуатационном режиме.

3. Навеска постоянных подъёмных сосудов (клетей, скипов).

Скорость и бесперебойность одновременного проведения нескольких горизонтальных выработок зависят не только от организации работ в самих забоях, но в значительно большей степени от комплексного решения ряда вопросов, имеющих общешахтное значение: работы подъема по стволу, транспорта под землей и на поверхности земли, обеспечения всех забоев электроэнергией и сжатым воздухом, нормального проветривания выработок и действующих забоев, обеспечения отвода воды из забоев и ее откачки на поверхность земли, а также выполнения требований техники безопасности.

Возрастающий транспортный поток породы (и частично полезного ископаемого) от одновременного проведения горных выработок несколькими забоями во II-м периоде вызывает необходимость замены в стволах бадей клетями или скипами. По мере развития горизонтальных работ усложняются вопросы проветривания сети выработок, водоотлива и снабжения забоев сжатым воздухом.

Переход от сооружения вертикальных стволов к проведению горизонтальных и наклонных выработок требует значительного переоснащения шахтного ствола, поверхности и ввода в действие другого типа оборудования и механизмов.

Срок выполнения работ переходного периода в общем случае составляет 10...12 месяцев. Этот срок может быть сокращен при использовании для проходки ствола постоянного копра и постоянной подъёмной машины, частично изменённых и доработанных в период оснащения. Первоначальные затраты в этом случае будут выше, а время перехода от I-го ко II-му периоду строительства – на 3...6 месяцев меньше.

ЛЕКЦИЯ № 10

Тема. Проведение горизонтальных выработок буровзрывным способом: общие положения, буровзрывные работы.

1. Общие сведения. Проходческий цикл и его элементы.

При проведении капитальных и подготовительных выработок существуют два основных способа разрушения породы в забое: буровзрывной и механический (комбайновый). Помимо них известны также ручная (кирка, кайло, обушок, отбойный молоток) и гидравлическая (гидромонитор) технологии отделения породы от массива, но область их применения крайне незначительна.

При проведении горизонтальных выработок в угольных шахтах и рудниках по породам крепостью $f > 6 \dots 8$ основным способом разрушения породного массива в забое выработки является буровзрывной.

Анализируя буровзрывную технологию проведения выработок, можно отметить её

Достоинства: 1) универсальность (любые породы, любое сечение и конфигурация выработки, любые условия); 2) быстрое разрушение пород за счёт мгновенного выделения большого количества энергии; и

Недостатки: 1) циклический характер работ = потери времени на переходных операциях; 2) выделение вредных и ядовитых газов (продуктов взрыва); 3) создание опасных условий для воспламенения метановоздушной и пылевоздушной смеси.

Учитывая вышеназванные недостатки технологии БВР, следует её применять в том случае, когда комбайновая технически невозможна или экономически нецелесообразна. А если крепость пород не превышает $f = 6 \dots 8$ и имеются достаточные финансовые ресурсы, то однозначно предпочтение следует отдавать комбайновой технологии, как наиболее производительной и безопасной.

Все работы по проведению (проходке) выработки выполняются в определённой последовательности и циклично повторяются, формируя так называемый *проходческий цикл*.

Проходческим циклом называется совокупность работ и процессов, в результате выполнения которых в определенном порядке осуществляется проведение выработки на заданную длину, называемую величиной заходки $L_{\text{зах}}$.

При комбайновой, ручной и гидравлической технологиях разрушения породы величину заходки приурочивают к продвижению забоя на величину, кратную шагу крепи, а при технологии БВР – к глубине шпуров.

$$L_{\text{зах}} = L_{\text{шп}} * \eta, \text{ м} \quad (10.1)$$

где: $L_{\text{зах}}$ – величина заходки, м;

$L_{\text{шп}}$ – глубина шпуров, м;

η – коэффициент использования шпуров (КИШ).

В состав проходческого цикла входят **основные процессы**, которые выполняются последовательно или с частичным совмещением; и **вспомогательные процессы**, которые выполняются параллельно с основными. При проектировании работ цикла следует иметь ввиду, что запрещено совмещать с каким-либо процессом зарядание шпуров, взрывание зарядов и проветривание забоя.

К основным процессам относятся:

1. Бурение шпуров.
2. Зарядание шпуров и взрывание шпуровых зарядов.
3. Проветривание забоя после взрыва и приведение его в безопасное состояние.
4. Погрузка и уборка породы.
5. Возведение постоянной крепи.

К вспомогательным процессам относятся:

1. Устройство временной крепи.
2. Устройство водоотливной канавки.
3. Прокладка технологических трубопроводов и кабелей.
4. Нарращивание рельсовых путей.
5. Нарращивание конвейера.
6. Нарращивание монорельсовой дороги.

Проходческие процессы складываются из операций, а те - из приёмов и элементов. Различают нормируемые и ненормируемые процессы (см. ЕНиР). Состав процессов цикла может изменяться в зависимости от технологии. Основные процессы выполняются обязательно и именно в том порядке, в котором они перечислены, отдельные же вспомогательные процессы при проведении конкретной выработки могут входить в состав проходческого цикла, но могут и отсутствовать. Например, если выработка сухая, то нет необходимости в сооружении водоотливной канавки, а прокладку рельсовых путей в выработке можно осуществить после окончания проведения выработки. А если на шахте предусмотрена полная конвейеризация выдачи полезного ископаемого и породы, а также монорельсовая доставка грузов, то рельсовые пути отсутствуют.

При проведении выработок буровзрывные работы должны быть организованы правильным образом, чтобы **обеспечить выполнение следующих требований**:

- разрушение горных пород в пределах заданных размеров и формы поперечного сечения выработки с точным оконтуриванием и минимальными переборами породы;
- подвигание забоя выработки на заданную величину заходки с высоким коэффициентом использования шпуров;
- минимальные нарушения пород законтурного массива;
- сохранность крепи выработки;

- оптимальное (равномерное) дробление породы и минимальный разброс ее по выработке, что способствует производительной погрузке и транспорту породы.

Примерное сечение выработки и расположение оборудования при проведении выработки по буровзрывной технологии приведены на рис.10.1 (*рассказать подробно по рисунку*)

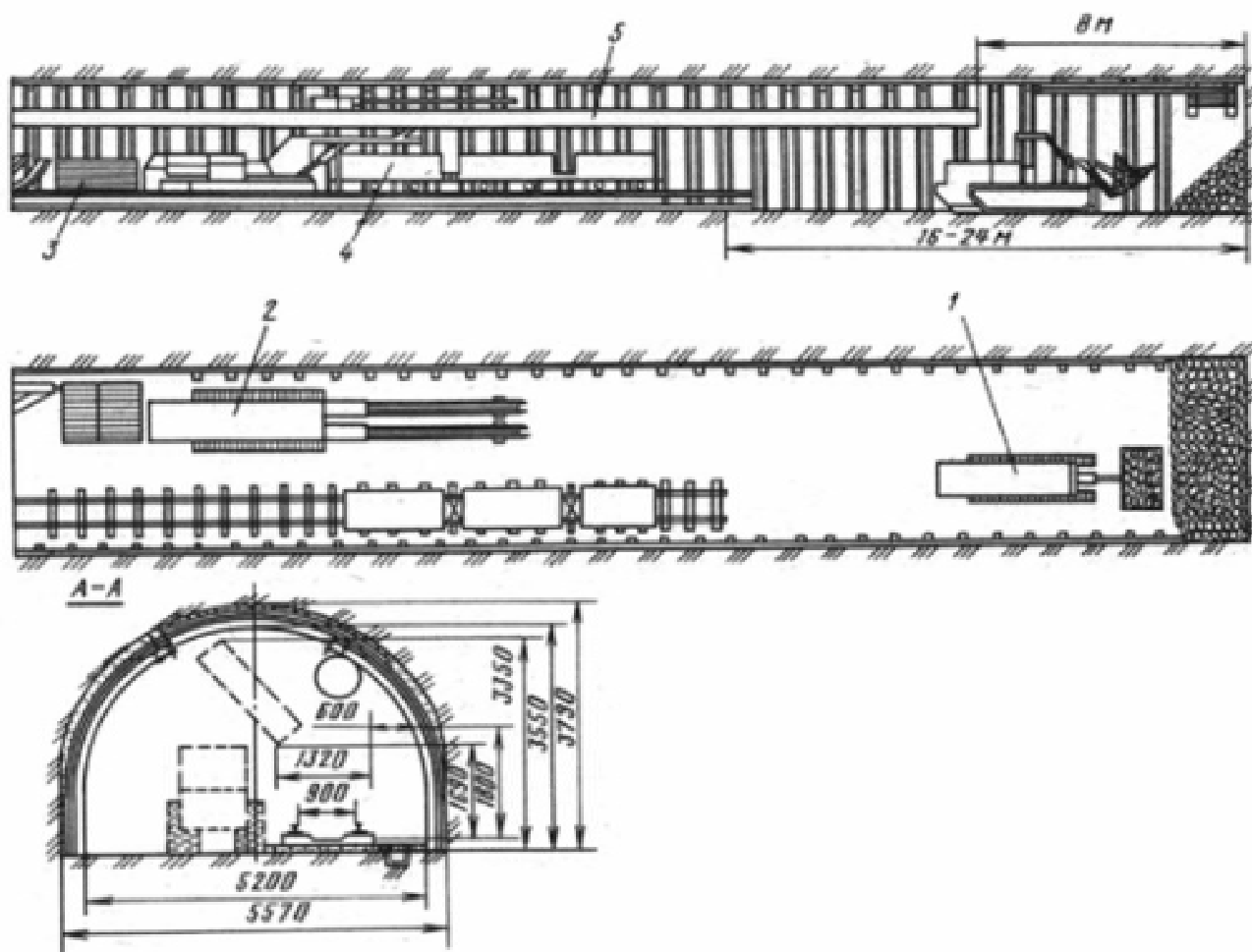


Рис. 10.1. Технологическая схема проведения полевого штрека (квершлага) буровзрывным способом: 1 - машина МПК-3; 2- установка БУЭ-ЗТ; 3- склад материалов; 4- вагонетки; 5- вентиляционный трубопровод.

2. Взрывчатые вещества (ВВ) и средства взрывания (СВ).

Более подробно все вопросы, связанные с разрушением горных пород взрывом, будут рассмотрены в отдельной дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» в следующем семестре. А сейчас коротко:

Взрывчатые вещества (ВВ)

Все **промышленные ВВ** по степени их безопасного воздействия на окружающую среду делятся на 7 классов.

ВВ первого класса можно применять при взрывании на поверхности.

Для подземных горных работ в шахтах и рудниках, *не опасных по газу и пыли*, применяют непридохранительные ВВ второго класса (аммонал скальный №1

прессованный, аммонит №6 ЖВ, детонит М).

В шахтах, *опасных по газу и пыли*, применяются предохранительные ВВ третьего класса - аммонит АП-5ЖВ и предохранительные ВВ четвертого класса - аммониты Т-19, ПЖВ-20.

При вскрытии пластов угля с суфлярным выделением газа метана применяют ВВ пятого класса – углениты и т.д.

В последние годы взамен патронированного ВВ 1-го и 2-го классов всё чаще используют эмульсионные (ЭВВ) и гранулированные (ГВВ) взрывчатые вещества, в состав которых не входит тротил.

Достоинствами применения ЭВВ и ГВВ являются:

- возможность изготовления непосредственно на месте использования;
- невысокая стоимость по сравнению с традиционными ВВ;
- повышенная экологическая безопасность.

Средства взрывания (инициирования) (СВ, СИ)

При проведении выработок в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли, применяют огневой (КД и ОШ), электроогневой (ОШ и ЭД), детонационный (ДШ) и электрический (ЭД) способы взрывания. При электрическом способе используют электродетонаторы мгновенного (ЭД-8-Э, ЭД-8-Ж, ЭД-1-8-Т), короткозамедленного (ЭДКЗ) и замедленного (ЭДЗД) действия.

В шахтах, опасных по газу и пыли, применяют только электрический способ взрывания и предохранительные электродетонаторы мгновенного (ЭДКЗ-ОП) и короткозамедленного (ЭДКЗ-ПМ) действия с замедлением 15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 миллисекунд.

3. Паспорт БВР.

Выполнение требований к БВР, перечисленных в п.1, обеспечиваются правильным выбором параметров БВР: тип ВВ, величина и конструкция заряда, глубина шпуров, число шпуров и расположение их в забое.

На каждую выработку разрабатывают и составляют **паспорт буровзрывных работ**, который утверждает главный инженер рудника или шахты. С паспортом буровзрывных работ должны быть ознакомлены горные мастера, бригадиры, взрывники и проходчики. Паспорт буровзрывных работ должен включать: схему расположения шпуров в забое в трех проекциях с указанием номеров шпуров, углов их наклона к плоскости забоя, глубину шпуров и очередность взрывания в них зарядов, схему конструкции заряда в шпуре; таблицу к схеме расположения шпуров, в которой приводят данные о категории пород, диаметре и длине шпуров, массе заряда в каждом шпуре, длине зажигательной трубки и др.; схему выставления постов оцепления, представляющую собой копию из плана горных работ, с указанием направления движения вентиляционной струи и места укрытия взрывника, расположение постов оцепления и места для ожидания проходчиков в период ведения взрывных работ; таблицу основных технико-экономических показателей паспорта, включающую размеры выработки, применяемые типы ВВ и средств

инициирования (СИ), данные по удельным расходам ВВ и СИ, объем взорванной породы, коэффициент использования шпура (КИШ) и др.

Одной из основных расчётных величин паспорта БВР является **удельный расход ВВ**, необходимый для дробления 1 м³ обуренной породы. Он зависит от: физико-механических свойств пород, площади поперечного сечения выработки, свойства применяемого ВВ, глубины шпуров, очередности взрывания зарядов и др.

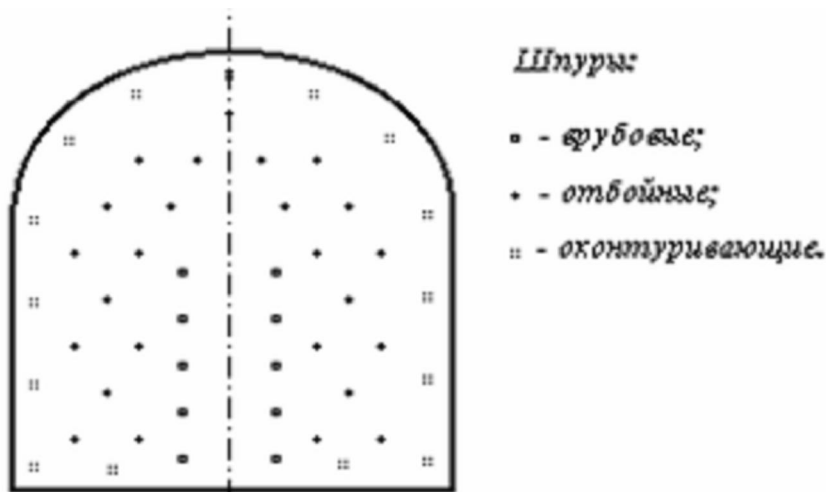
Качество отрыва и дробления породы зависит от количества взрываемого ВВ: при недостатке - уменьшается КИШ, ухудшается оконтуривание стен выработки, увеличивается выход крупной фракции; при избытке - увеличивается содержание мелкой фракции, разброс породы по выработке, трудоемкость буровзрывных работ и их стоимость, трещиноватость и заколы в законтурном массиве, превышение проектного контура выработки.

Удельный расход ВВ (q , кг/м³) определяется по эмпирическим формулам или по таблицам, составленным на основании опытных взрывов.

Выбор схемы расположения шпуров. Оптимальная схема обеспечивает максимальный КИШ, меньший расход ВВ и объем буровых работ, заданный уровень дробления и степень разброса породы, качественное оконтуривание выработки.

Расположение шпуров зависит от крепости, трещиноватости и слоистости пород, формы и размеров поперечного сечения.

Шпуры в зависимости от назначения, очередности их взрывания и местонахождения в забое делятся на (рис. 10.2):



врубовые - взрываются первыми, служат для образования дополнительной плоскости обнажения;

отбойные - взрываются во вторую очередь, служат для отбойки и дробления основной части массива пород;

оконтуривающие - располагаются по контуру поперечного сечения забоя, служат для придания выработке заданной формы, взрываются в последнюю очередь.

Рис.10.2. Расположение шпуров в забое горизонтальной выработки

Известные виды врубов: прямой (призматический), цилиндрический, клиновой, двойной клиновой, крестообразный, спирально - шагающий, щелевой.

Врубовые шпуры принимаются на 10...20% длиннее других шпуров, а величина заряда во врубовых шпурах на 20...25 % больше средней величины заряда.

Длина основных шпуров зависит от крепости пород, площади поперечного

сечения выработки, работоспособности ВВ и типа бурильных машин. В общем случае составляет от 1,5 до 2,5 м.

В зависимости от крепости пород расстояния между соседними зарядами в шпурах принимают при $f > 7$ - 0,3 м и более, при $f < 7$ - 0,45 м и более, по углу $> 0,6$ м; $L_{\text{забойки}} > 0,5$ м. Между устьями шпуров расстояния могут быть меньше с учётом того, что между зарядами они будут не менее вышеприведенных ограничений.

Устья оконтуривающих шпуров располагают на расстоянии 15...25 см от проектного контура забоя (лимитировано габаритами бурового оборудования и толщиной крепи), забой шпура выходит за пределы контура на 5...10 см в крепких породах, располагается на контуре в породах средней крепости и не доходит до контура на 5 см в слабых породах.

4. Бурение шпуров.

Различают следующие способы бурения, которые по критерию производительности и при условии обеспечения заданной износостойкости инструмента рекомендованы для пород различной крепости (рис.10.3):

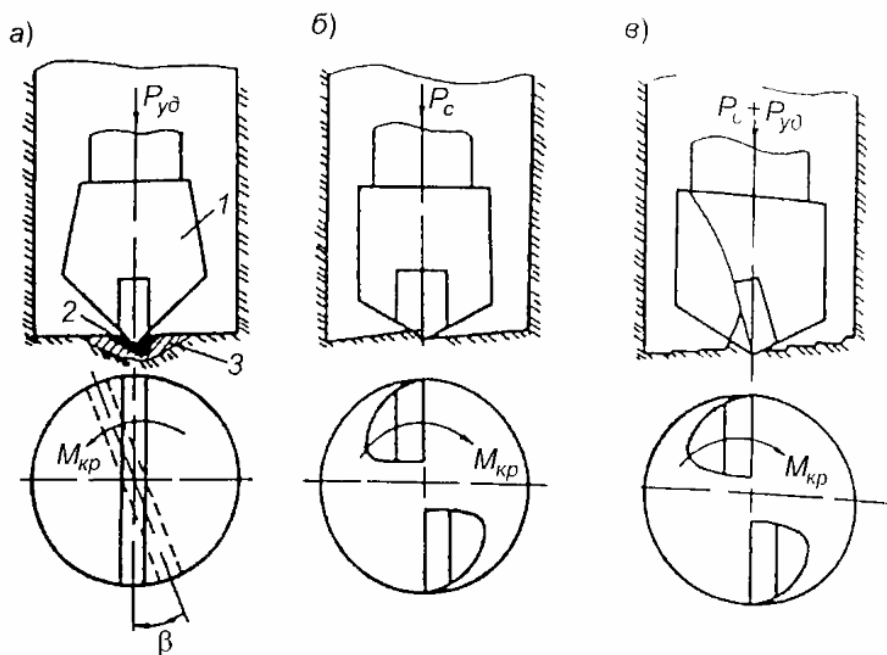


Рис.10.3. Способы механического бурения

- породы с $f < 8$, неабразивные – **вращательное бурение (б)**;
- породы с $f = 8...15$ – **вращательно-ударное (ударно-вращательное) бурение (в)**;
- породы с $f > 15$, абразивные – **ударно-поворотное бурение (а)**

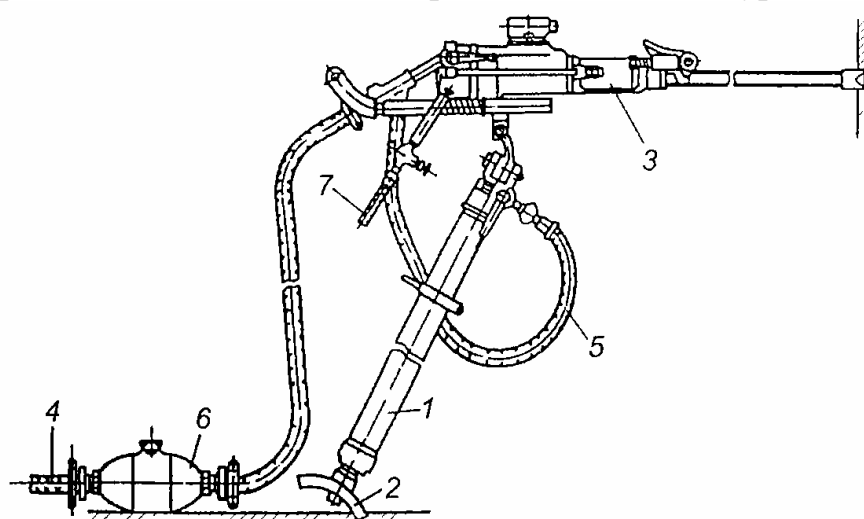
Ударно-поворотное бурение (диаметр шпуров и скважин 20...150 мм) реализуется при использовании **перфораторов (бурильных молотков)**

Перфораторы в зависимости от условий применения подразделяются на три группы:

ручные, телескопические (в комплекте с податчиком на забой) и колонковые (с собственным податчиком).

По роду применяемой энергии – на *пневматические, гидравлические, электрические*. В шахтном строительстве наибольшее распространение получили пневматические перфораторы ПП-64, ПП-80.

Для поддержания и подачи на забой ручных перфораторов используют *пневмоподдержки* (рис.10.4). Время на установку и перестановку пневмоподдержки в новое положение в расчете на один шпур составляет обычно до 2 минут.

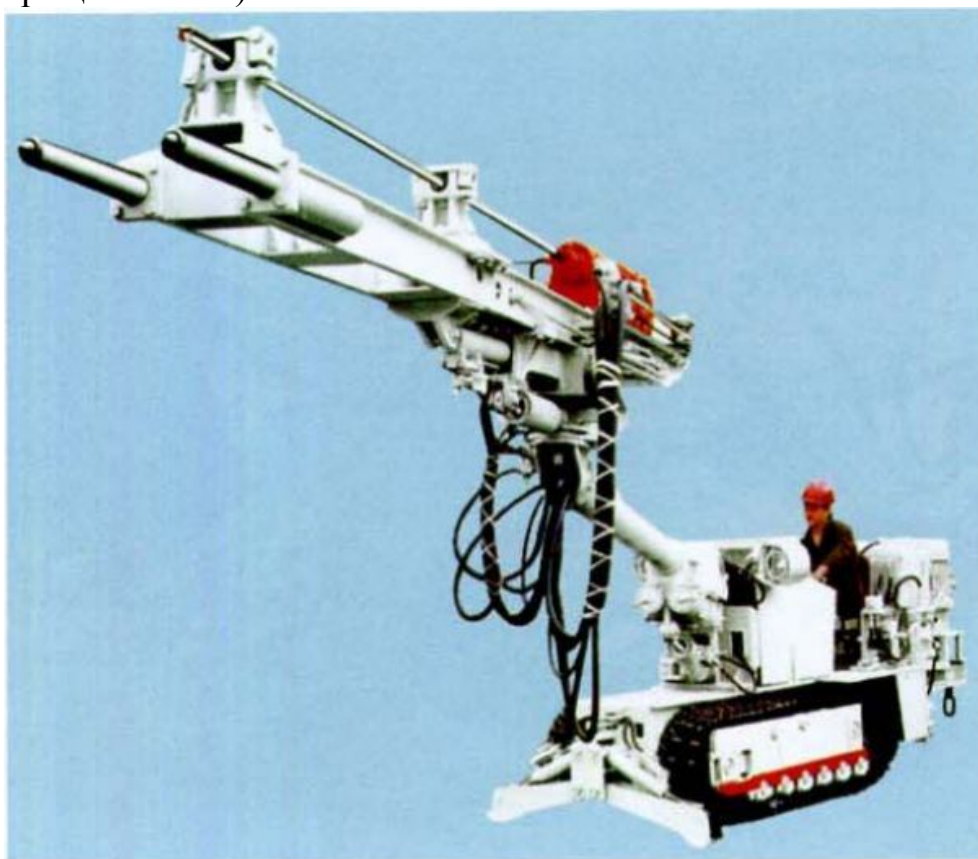


- 1 – пневмоцилиндр;
- 2 – шпора;
- 3 – перфоратор;
- 4 и 5 – рукава подачи сжатого воздуха;
- 6 – автомасленка;
- 7 – рукав для подачи воды (для промывки шпура)

*Рассказать о работе
III с пневмоподд.*

Рис.10.4. Перфоратор с переносной пневмоподдержкой

В горной промышленности в последнее время широкое распространение получили **бурильные установки**, в частности СБУ, БУЭ, УБШ (рис.10.5), зарубежных производителей «Сандвик», «Атлас Копко», «Дэйман Ханиель» и др. Они имеют высокую степень унификации и отличаются числом бурильных машин, способом бурения, ходовой частью. Все бурильные установки в зависимости от крепости пород могут быть оснащены бурильным молотком (перфоратором) на любой способ бурения (вращательный, вращательно-ударный и ударно-вращательный).



Наличие манипулятора и ходовой части обеспечивают лёгкость и простоту в процессе перестановок бурового инструмента и забуривания в породный массив. Мощные бурильные молотки обеспечивают высокую скорость бурения. Работой БУ, как правило, управляет один проходчик (оператор), имеющий на это право.

Рис.10.5. Общий вид бурильной установки УБШ253А

Борьба с пылью во время бурения осуществляется за счёт интенсивной промывки в сочетании с хорошим проветриванием (санитарная норма: в 1 куб.м воздуха не должно быть больше 2 мг пыли); расход воды для промывки на одну бурильную машину 3...5 л/мин с добавлением смачивателя до 0,5 г/л.

Процесс бурения состоит из подготовительных работ и собственно бурения:

- подготовка к бурению: с помощью отвесов и специальных приборов (лазерных указателей направления) проверяют направление выработки, фиксируют вертикальную и горизонтальную оси сечения, а с помощью шаблонов намечают контуры и места заложения шпуров в соответствии с паспортом БВР;

- бурение включает чистое время бурения и время на выполнение вспомогательных операций (смена бурового инструмента (коронки, штанги), перестановка бурильной машины).

5. Заряжание и взрывание шпуров.

После проверки глубины и расположения шпуров в соответствии с паспортом БВР и очистки их от буровой мелочи мастер-взрывник свистком дает первый предупредительный сигнал (один продолжительный), по которому рабочие, не задействованные в заряжании, удаляются из забоя.

Для сокращения времени в заряжании шпуров могут участвовать проходчики, имеющие на это допуск (выдаётся органами МВД).

Патронированные ВВ заряжают вручную, а гранулированные — эжекторными зарядчиками. Заряжание шпуров, расположенных на высоте более 1,5м, производится со специальных полков (подмостей). Забоечный материал – глино-песчаные пыжи или водонаполненные патроны.

Монтаж взрывной сети осуществляется по последовательной схеме.

По окончании заряжания все направляются в безопасное укрытие, указанное в паспорте БВР, мастер-взрывник проверяет целостность взрывной сети, подает второй (боевой) сигнал (два продолжительных) и включает взрывной прибор, который во взрывную сеть подаёт кратковременный электрический импульс. Происходит взрыв.

После проветривания (до 30 минут) мастер-взрывник осматривает забой и при отсутствии отказавших (невзорвавшихся) зарядов подает сигнал отбоя (три коротких свистка).

Тема. Проведение горизонтальных выработок буровзрывным способом: проветривание, погрузка породы.

1. Схемы и способы проветривания.

Проветривание (вентиляция) выработок производится для обеспечения санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах.

В период проведения любая выработка представляет из себя тупик, в котором по различным причинам происходит загрязнение воздуха.

Источниками загрязнения являются:

- 1) взрывные работы (в атмосферу выработки выделяются газы CO , CO_2 , N_2O_5 и др.);
- 2) подземные газы (CH_4 , CO_2 , H_2S);
- 3) дыхание людей (CO_2).

Вентиляция тупиковых выработок осуществляется за счёт подачи в забой необходимого количества воздуха, обеспечивающего скорость его движения, достаточную для эффективного проветривания как призабойной части, так и всей выработки в целом.

Необходимая скорость движения воздуха и все параметры вентиляции устанавливаются «Правилами безопасности в угольных шахтах» (для рудников существуют другие нормативные документы), исходя из необходимости исключения местных и слоевых скоплений метана, удаления из проводимой выработки в кратчайшее расчетное время ядовитых продуктов взрыва и создания нормальных температурных условий на рабочих местах.

Основные требования «Правил безопасности в угольных шахтах» к составу воздуха и температуре следующие:

- содержание кислорода O_2 – не менее 20% по объёму;
- содержание углекислого газа CO_2 – не более 0,5%;
- содержание газа метана CH_4 – не более 1% на исходящей струе из выработки и не более 2% - местные скопления;
- температура не более 26° при влажности до 90%;
- минимально допустимая скорость воздуха – 0,25 м/с;
- разжижение газообразных продуктов взрыва и удаление их из забоя должно происходить не более чем за 30 минут после взрыва.

В шахтах и рудниках применяют **2 способа проветривания**: за счёт общешахтной депрессии (вентилятор главного проветривания) и вентилятором местного проветривания (ВМП).

Проветривание за счет общешахтной депрессии производится в случае, когда проводятся две параллельные выработки, периодически соединяемые сбойками.

Одиночные тупиковые выработки проветривают вентиляторами местного проветривания по трём схемам: нагнетательной, всасывающей и комбинированной (рис. 11.1).

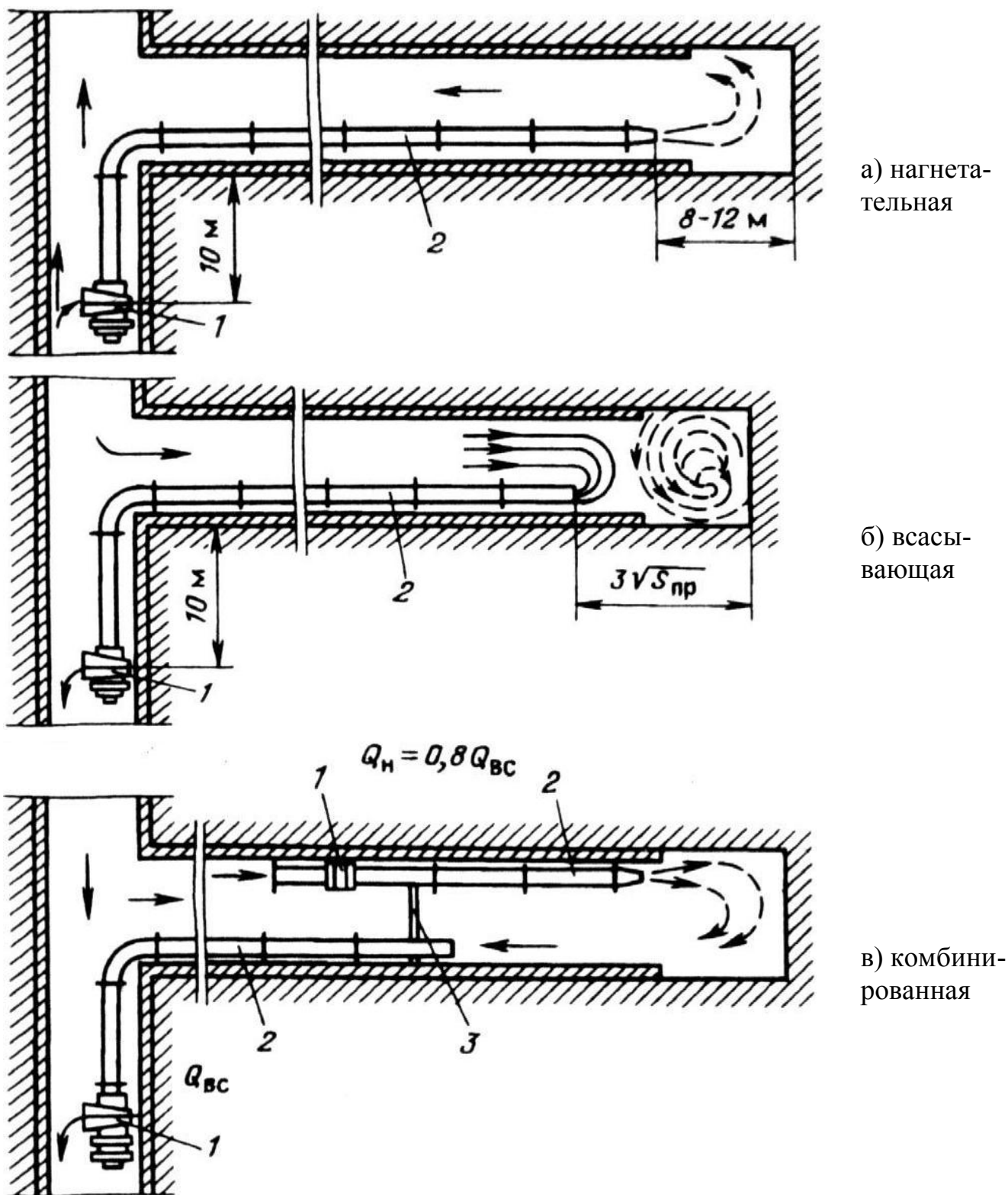


Рис.11.1. Схемы проветривания тупиковых выработок: 1 – вентилятор местного проветривания; 2 – вентиляционный трубопровод; 3 – вентиляционная перемычка.

Чаще применяется нагнетательная схема. Всасывающая и комбинированная схемы целесообразны при силикозоопасных породах и сильном пылеобразовании.

Достоинства нагнетательной схемы: простота, быстрое разжижение продуктов взрыва в забое, возможность использования гибких труб; недостаток: исходящая струя движется по всей выработке, соприкасаясь с оборудованием.

Допустимое отставание вентиляционного трубопровода от забоя: на газовых шахтах – **8м**, негазовых – **12м**, в рудниках – **10м**. Проветривание осуществляется непрерывно.

2. Вентиляционное оборудование.

2.1. Вентиляционные трубопроводы.

Вентиляционные трубопроводы монтируются из жестких или гибких труб.

Жесткие трубы бывают металлические и пластмассовые.

Металлические трубы выпускаются диаметром 0,5...1,2 м длиной 2,5...4 м, имеют фланцевое болтовое соединение с уплотняющими прокладками.

Достоинства жестких труб:

- высокая прочность,
- выдерживают большие давления,
- длительный срок службы,
- применяются при любой схеме проветривания.

Недостатки жестких труб:

- имеют значительную массу, что затрудняет их монтаж и транспортировку (масса 1 м составляет 24-70 кг),
- звенья труб имеют небольшую длину – 2,5-4,0 м (трубопровод монтируется с большим числом стыков, через которые происходят утечки воздуха).

Область применения жестких труб: для проветривания горизонтальных и наклонных выработок по любой схеме проветривания. Рекомендуются для выработок протяженностью более 1200м.

Гибкие трубы изготавливают из специальных воздухо непроницаемых тканей на *хлопчатобумажной* или *лавсановой* основе с *резиновым* или *полихлорвиниловым* покрытием.

Гибкие трубы выдерживают давление до 1000 даПа. Диаметр труб 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 м. Длина основного рабочего звена 20 и 10 м, по специальному заказу изготавливают любой длины до 100м. Для наращивания трубопровода выпускаются разменные звенья длиной 5 и 10 м. Соединяются звенья труб между собой с помощью металлических колец, закрепленных на концах звеньев, и хомутов.

Достоинства гибких труб:

- небольшая масса (1 м трубы - 1,3...3,4 кг);
- относительно небольшое количество стыков;

Недостатки гибких труб:

- лёгкая повреждаемость с возникновением утечек;

- малый срок службы (до 28 месяцев; в обводненных выработках – до 14 мес);
- эксплуатация гибких трубопроводов при малых давлениях воздуха (<100 даПа) неэффективна, т.к. стенки труб провисают, на них образуются складки, что увеличивает аэродинамическое сопротивление трубопровода.

Область применения гибких труб: для проветривания горизонтальных и наклонных выработок по нагнетательной схеме.

2.2. Вентиляторы.

Для проветривания тупиковых выработок используются вентиляторы с *электрическим* и *пневматическим* приводами.

Электрические. Наибольшее применение нашли *осевые* электрические вентиляторы *серии СВМ* и *серии ВМ*: ВМ-4, ВМ-5М, ВМ-6М, ВМ-8М, ВМ-12М (цифра означает диаметр входного и выходного патрубков в дециметрах). Они наиболее компактны, имеют производительность от 2 до 20 м³/с и обеспечивают проветривание выработок длиной до 500 м. При бóльшей длине выработок можно применить последовательное соединение вентиляторов.

Для проветривания выработок большой длины (до 2 км) в период их проведения используют и *центробежные* вентиляторы, имеющие большую подачу (до 20 м³/с) и развивающие высокое давление (до 600-900 даПа), например, вентиляторы ВМЦ-6, ВМЦ-8 и др.

Все указанные вентиляторы имеют взрывобезопасное исполнение электродвигателей и могут применяться в шахтах, опасных по газу и пыли. В настоящее время изготавливают в основном регулируемые вентиляторы, что позволяет уменьшить их напор в начальной стадии проведения с целью экономии энергии.

Пневматические. Вентиляторы с пневматическим приводом ВМП-3М, ВМП-4, ВМП-5М, ВМП-6М рекомендуются только для газовых шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа и сульфурным выделениям, т.к. они не экономичны, а также при работе создают большой шум.

Расход воздуха для проветривания тупиковой выработки рассчитывается по следующим факторам:

- наибольшему числу людей, работающих в забое;
- минимально допустимой скорости движения воздуха в выработке;
- минимальной скорости воздуха в призабойном пространстве выработки с учетом его температуры и влажности (температурный фактор);
- по разжижению газов, образующимся при взрывных работах;
- по метановыделению.

Из всех полученных величин выбирается наибольшая, с учётом утечек воздуха определяются $Q_{\text{вент}}$ и $h_{\text{вент}}$, после чего по этим расчётным параметрам выбирается тип вентилятора местного проветривания путём их нанесения на его аэродинамическую характеристику.

В соответствии с требованиями «Правил безопасности в угольных шахтах» вентилятор для проветривания строящейся тупиковой выработки устанавливается в эксплуатируемой выработке, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, со стороны свежей струи, содержание газа метана в которой не должно превышать 0,5%. Вентилятор не должен отбирать более 70% воздуха, проходящего по эксплуатируемой выработке.

3. Погрузка породы.

Перед началом погрузки забой приводят в безопасное состояние: осматривают; при необходимости ремонтируют повреждённую при взрыве призабойную крепь; обстукивают и обирают от заколов незакреплённые кровлю и стены; отваливают нависающие куски породы; выдвигают вплотную к забою временную крепь; разбивают негабаритные куски породы.

После этого приступают к погрузке и уборке (погрузка + транспорт) взорванной породы из забоя выработки.

Погрузка породы занимает 30...40 % продолжительности цикла. Уровень механизации этого процесса составляет около 97 %. Погрузка породы осуществляется погрузочными машинами и реже скреперными установками.

Погрузочные машины классифицируют по:

- 1) *принципу работы исполнительного органа* - машины периодического действия (ППН) и машины непрерывного действия (ПНБ);
- 2) *виду применяемой энергии* - электрические и пневматические;
- 3) *конструкции ходовой части* – колесно-рельсовые, пневмоколесные и гусеничные.

Машины периодического действия имеют рабочий орган – ковш и делятся на машины:

- *с прямой разгрузкой ковша* – грузят породу с почвы выработки, имеют заднюю разгрузку непосредственно в вагонетку, колесно-рельсовую ходовую часть.

Достоинства: простота конструкции, надежность в работе, небольшая масса и габариты; **недостатки:** малая маневренность, низкая производительность, ограниченный фронт погрузки породы, большая высота разгрузки, составляющая 2,1...2,3 м, ручное разравнивание породы при погрузке в вагонетки большой емкости;

- *со ступенчатой разгрузкой ковша* (конвейерно-ковшовые) – порода с почвы выработки захватывается ковшем, из ковша перегружается сначала на конвейер-перегрузатель, встроенный в машину, а с него в вагонетку, что обеспечивает погрузку в вагонетки любой емкости без ручного разравнивания;

- *с боковой разгрузкой ковша*. В СНГ выпускается машина МПК-3 (рис.11.2), которая имеет гусеничный ход, возможность погрузки породы как на конвейер, так и в вагонетки, неограниченный фронт погрузки, емкость ковша 1 м³, производительность 144 м³/час, может использоваться при любой крепости породы. Хорошо зарекомендовала себя в последние годы.

И в зарубежной практике при буровзрывной проходке выработок преимущественно используются погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша из-за их высокой эксплуатационной производительности, удобства управления и возможности механизации ряда вспомогательных работ, в том числе доставки материалов в призабойное пространство, зачистки почвы.



Рис.11.2. Общий вид погрузочной машины МПК-3.

Погрузочные машины непрерывного действия: рабочим органом являются парные нагребавшие лапы, которые подают породу на конвейер, встроенный в машину, а с него – на конвейер, смонтированный в выработке, или в вагонетку. Имеют гусеничный ход.

Достоинства погрузочных машин непрерывного действия: более высокая производительность и маневренность, чем у ковшовых машин.

Недостатки погрузочных машин непрерывного действия: сложная конструкция, высокая стоимость; ограниченная область применения ($f < 12$), небольшой ресурс и необходимость периодического восстановления приёмного стола. Погрузочные машины непрерывного действия могут снабжаться навесным оборудованием для бурения и подъема верхняков крепи, например, 2ПНБ-2Б.

Выбор рационального типа погрузочной машины производится в зависимости от крепости отбитой породы, размеров выработки, наличия рельсовых путей, вида энергии, принятой организации работ.

Характеристика погрузочных машин периодического и непрерывного действия с рекомендуемой областью применения приведена в табл.11.1.

Таблица 11.1. Технические характеристики погрузочных машин

Тип погрузочной машины	Марка машины	Техническая производительность, м ³ /мин	Фронт погрузки, м	Коэффициент крепости породы	Крупность кусков, мм, не более	Минимальная ширина x высота выработки, м
Ковшового типа прямой погрузки	ППН-1	0,5	2	Любой	300	2 x 2
	ППН-1с	1	2,2	Любой	350	2,1 x 2,4
	ППН-2	1	2,5	Любой	400	2,2 x 2,4
	ППН-2Г	1	—	Любой	400	2,6 x 2,6
	ППН-3	1,25	3,2	Любой	600	2,6 x 3
Ковшового типа со ступенчатой погрузкой	2ППН-5п	1	3	Любой	450	2 x 2,5
	ППМ-4п	0,8	4,8	Любой	350	2,3 x 1,9
Непрерывного действия с нагребающими лапами	ПНБ-1	1,45	—	<6	300	2 x 1,5
	1ПНБ-2	2	—	<6	400	2,5 x 1,8
	2ПНБ-2	2	—	<12	400	2,5 x 1,8
	ПНБ-2К	2,5	—	<12	400	2,5 x 1,8
	ПНБ-3К	3	—	<16	600	3 x 1,7
	ПНБ-3Д	3,5	—	<16	600	3 x 1,8
	ПНБ-4	6	—	<16	800	3 x 1,8
	2ПНБ-2У	1,25**	2,5	<12	400	≥8,4 м ²

Для проведения подготовительных выработок различного назначения помимо погрузочных машин периодического и непрерывного действия применяют также **погрузочно-транспортные машины типов ПТ и ПД**. Такие машины имеют пневмоколесный ход и пневматический или дизельный привод.

Погрузочно-транспортные машины ПТ-2, ПТ-3 и ПТ-5 ковшами загружают горную массу в собственный бункер вместимостью соответственно 1,0; 1,5; 2,5 м³, которую транспортируют к месту разгрузки.

Погрузочно-доставочные машины ПД-2, ПД-3 и ПД-5 транспортируют горную массу в ковшах вместимостью соответственно 1,0; 1,5; 2,5 м³.

Машины ПТ и ПД используют при строительстве выработок незначительной протяженности (оптимальная длина транспортирования до 50 м), сложной конфигурации или небольшой площади сечения. Примеры: сопряжения вертикального ствола с горизонтами, выработки околоствольного двора малой длины (ходки в камеры ожидания, насосная, электроподстанция и др.), технологические части протяжённых выработок.

Ещё одним погрузочным средством являются **скреперные установки**. Они уступают породопгрузочным машинам по производительности, более громоздки. Производительность погрузки породы скреперами зависит от длины скреперования, ёмкости ковша, крупности кусков породы, типа скреперной лебедки, вида транспорта при дальнейшей транспортировке породы.

Скреперные установки состоят из скреперной лебедки, скрепера (ковша), тяговых канатов и скреперного блока (рис. 11.3).

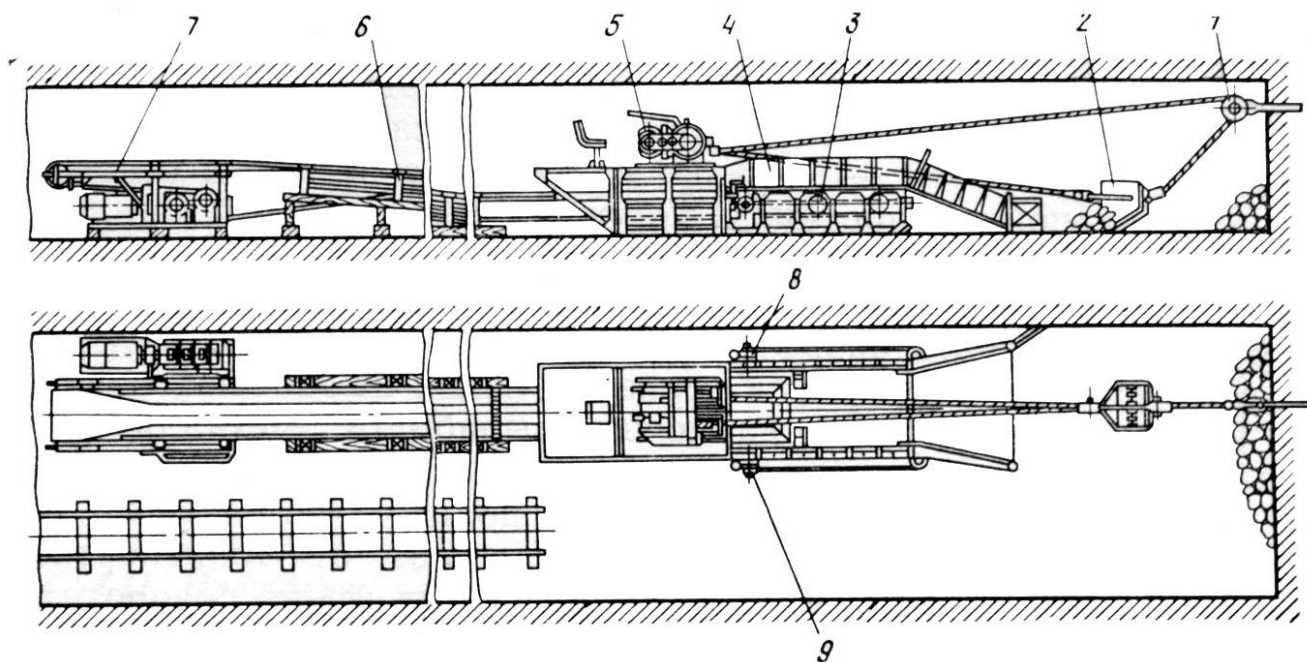


Рис.11.3. Схема скреперного комплекса МПДК-3: 1 – блок; 2 – скрепер; 3 – натяжное устройство; 4 – загрузочное устройство; 5 – скреперная лебедка; 6 – роликовые опоры; 7 – приводная головка конвейера; 8, 9 – лебедки.

Скреперные установки (комплексы) имеют ограниченное применение. Они могут быть эффективно использованы при сооружении выработок сложной конфигурации, малого сечения, при больших углах наклона и водопритоках и в других случаях, когда невозможно применение погрузочных машин.

Наибольшее распространение при проведении горизонтальных и наклонных выработок получили скреперные комплексы СКУ-1, МПДК-2, МПДК-3, СКБ-1.

Достоинства скреперных установок: 1) простота конструкции; 2) надежность в эксплуатации.

Недостатки скреперных установок: 1) низкая производительность; 2) значительный объем ручной погрузки, связанный с необходимостью подкидки горной массы из “мертвых” зон; 3) наличие в забойной части блока и канатов, которые находятся в движении (в соответствии с требованиями ПБ совмещение погрузки скрепером с другими работами в этой зоне не допускается).

После погрузки порода (горная масса) транспортируется к стволу и выдвигается на поверхность. Основные виды транспорта в шахте (руднике): вагонетками, конвейерами. При использовании откатки вагонетками коэффициент использования породопогрузочной машины 0,3...0,6. Средний суточный грузопоток из забоя при этой схеме транспорта составляет 2...6 м³/ч.

Производительность погрузки породы в значительной степени зависит от применяемой технологической схемы призабойного транспорта. Для ускорения обмена груженых вагонеток на порожние применяют накладные плиты-разминовки. Для повышения производительности погрузки в вагонетки следует применять перегружатели, призабойные конвейеры, бункер-поезда. Наиболее производительную уборку породы обеспечивает сочетание **погрузочной машины непрерывной действия с полной конвейеризацией транспорта в шахте.**

Тема. Проведение горизонтальных выработок буровзрывным способом: крепление, вспомогательные процессы, организация работ.

1. Возведение постоянной крепи.

Крепление - один из основных процессов, влияющих на скорость и стоимость проведения выработки, составляет 25...50 % продолжительности и трудоемкости цикла. Крепление производится в соответствии с паспортом проведения и крепления выработки, в настоящее время характеризуется большой долей ручного труда.

1.1 Возведение рамной крепи

Рамные крепи многоэлементны (до 50 элементов на 1 м выработки)(рис.12.1), трудно поддаются механизации (20...25%) и устанавливаются в основном вручную.

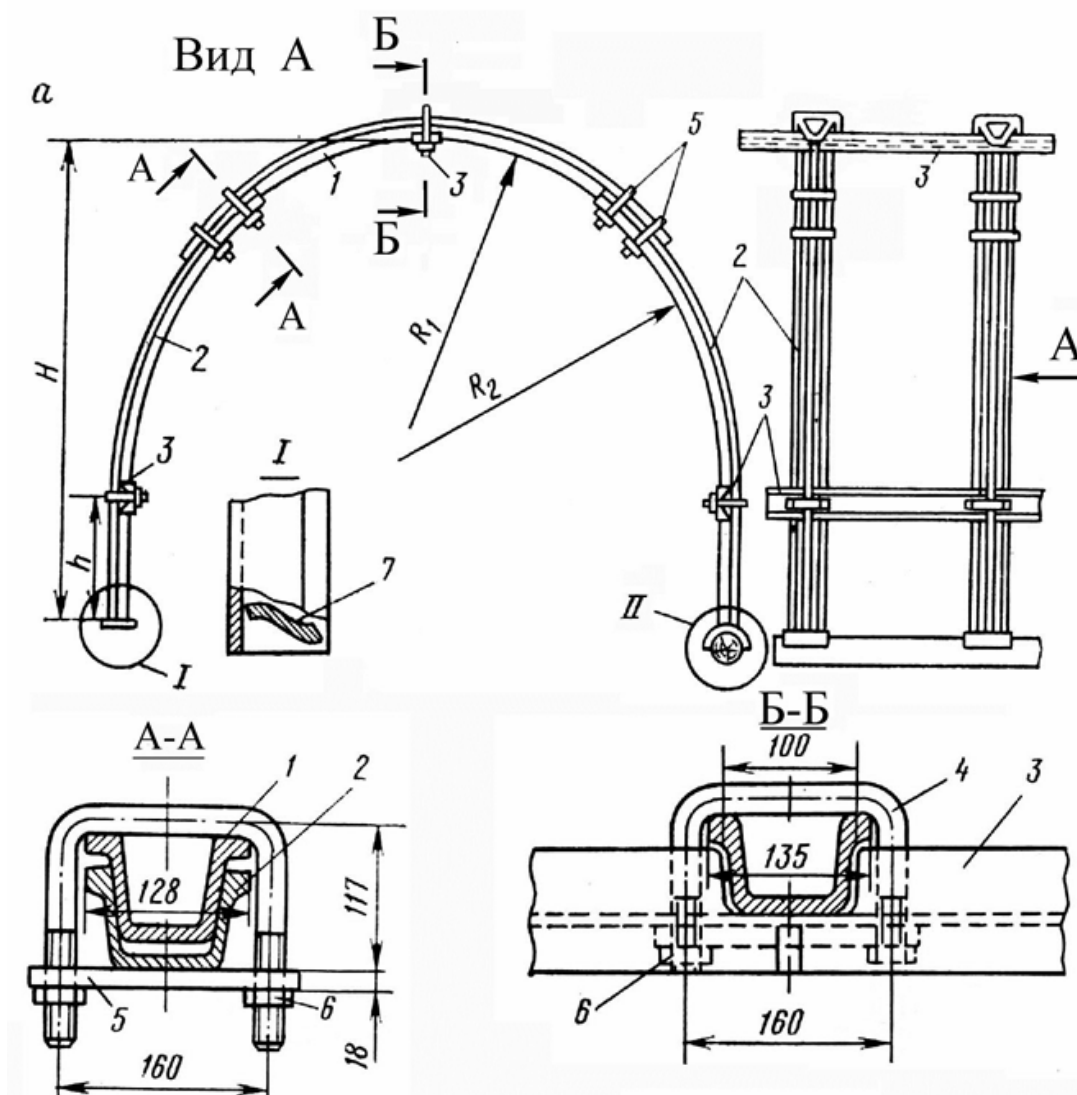


Рис.12.1. Металлическая арочная податливая крепь АП-3 из спецпрофиля: 1 – верхняк; 2 – стойка; 3 – стяжка; 4 – скоба; 5 – планка; 6 – гайка; 7 – диафрагма.

Арочные податливые крепи изготавливают из стального (марки Ст5) проката специального желобчатого (шахтного) профиля типа СВП шести типоразмеров:

СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27, СВП-33 (цифра обозначает вес 1 м профиля в кг).

Возведение арочной металлической крепи производится в следующей последовательности:

- осмотр забоя и оборка заколов породы;
- установка стоек крепи в подготовленные лунки, на подошву выработки или на деревянные лежни и скрепление их стяжками с ранее установленными рамами (арками);
- накладка на стойки верхняка и скрепление его со стойками скобами, планками и затяжка гайками;
- проверка вертикальности установки арок по отвесам и соединение верхняка стяжкой с ранее установленной рамой;
- расклинка установленной рамы в замках деревянными клиньями, установка межрамных ограждений (затяжка) с забутовкой пространства за крепью.

Облегчить и механизировать монтаж арок крепи возможно посредством специальных средств механизации (крепеустановщиков). Использование крепеустановщиков особенно актуально в выработках большого поперечного сечения и при использовании крепей из тяжёлых профилей СВП-27, СВП-33. В зависимости от своей конструкции крепеустановщики делятся на:

- навесные - монтируются на проходческом оборудовании (на вагонетке или породопогрузочной машине);
- подвесные - подвешиваются к верхнякам ранее установленных рам и перемещаются по монорельсу; имеют небольшие размеры, просты в эксплуатации и являются наиболее перспективными;
- напочвенные - применяются в выработках большого сечения, так как приводят к стеснению в призабойной зоне.

Для снижения трудоемкости помимо крепеустановщиков могут быть использованы различные несложные устройства для подъема и установки верхних элементов крепи - монтажные стрелы, подъемники стоечного типа и др.

Для обеспечения совместной работы крепи с окружающими породами между крепью и породным обнажением не должно быть пустот. Для этого закрепное пространство должно быть тщательно и равномерно забучено породой по всему периметру выработки. Обычно заполнение пустот в закрепном пространстве выполняется вручную, при этом качество работ в большинстве случаев является недостаточным, кроме того, затраты труда на ручную забутовку составляют 40% общей трудоемкости крепления.

Для механизации этих работ существует забутовочный комплекс ЗК-1, который подает забутовочный материал (породу) максимальной крупностью до 50 мм в закрепное пространство посредством сжатого воздуха по трубопроводу \varnothing 100мм. Хорошие результаты в работе крепи могут быть получены при использовании тампонажных материалов для забутовки закрепного пространства (густой песчано-цементный раствор подаётся насосом либо БУКом по рукавам и патрубкам в самые высокие точки закрепных куполов, и растекаясь, плотно заполняет все пустоты). Качество крепления выработки будет выше, однако и стоимость этих работ выше.

1.2 Возведение анкерной крепи

Процесс возведения анкерной крепи включает операции, выполняемые в следующей последовательности: бурение шпура (скважины), установка в шпуре (скважине) анкера (штанги), схватывание закрепляющего состава, установка на анкере опорной плиты (варианты: подвесной верхняк, металлическая сетка), закрепление анкера натяжной гайкой.

Трудоемкость возведения анкерной крепи зависит от типа анкера, длины анкера, размеров сечения выработки. На рис.12.2 и 12.3 представлены наиболее распространенные в настоящее время анкерные системы.

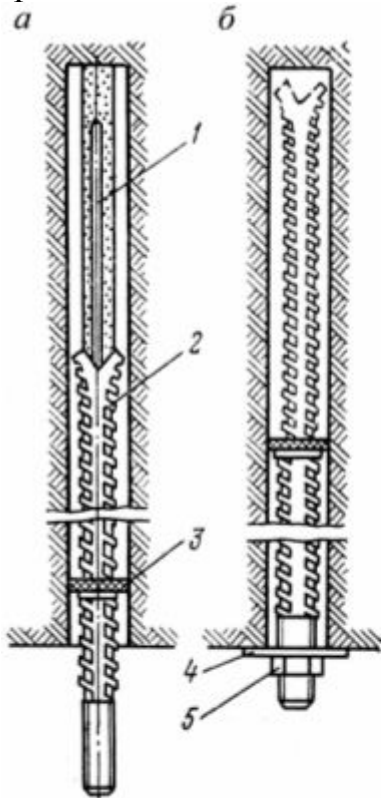


Рис.12.2. Анкер с закреплением быстротвердеющими химическими составами на основе синтетических смол (АКХ): а – в момент установки; б – после закрепления.

Обозначения: 1 – ампула с закрепляющим составом; 2 – штанга; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – опорная плита; 5 – натяжная гайка.

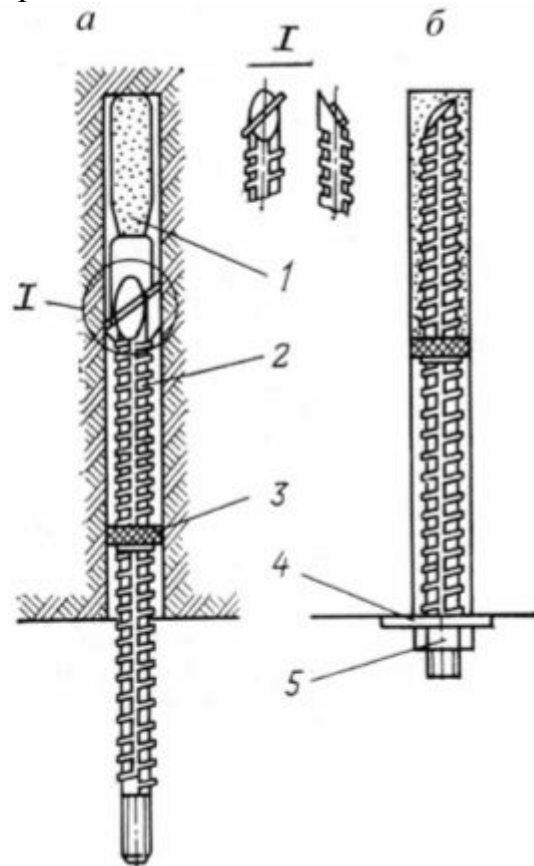


Рис.12.3. Анкер с закреплением патентованными быстротвердеющими смесями на цементной основе (АКЦ): а – в момент установки; б – после закрепления.

Комплексная механизация возведения анкерной крепи обеспечивает качество и надежность крепления и повышает производительность труда и безопасность работ. Использование для бурения шпуров и скважин под анкеры серийно выпускаемых бурильных машин возможно, но малоэффективно, поэтому созданы специальные бурильные установки:

- переносной станок ПА-1 включает электросверло с дистанционным управлением, с устройством подачи и распорной стойкой;

- машина для анкерования МАП16, состоящая из электрогидравлического сверла, распорной стойки, ходовой части на пневмокамерных шинах, бурового инструмента и гайковерта.

Для анкерования на рудниках созданы более мощные установки, например, бурильная установка УБШ-510ДЭВ. В шахтах и рудниках сегодня применяются также импортные ручные анкеро-посадочные станки RAMBOR и BAS (Германия).

Технология возведения монолитной бетонной (железобетонной) крепи, крепей из сборных ж/б элементов и набрызг-бетона будет рассмотрена при изучении дисциплины «Технология строительства горизонтальных и наклонных горных выработок».

2. Вспомогательные процессы проходческого цикла.

2.1. Возведение временной крепи

Правила безопасности в угольных шахтах и аналогичный документ для рудников требуют, чтобы возведение постоянной крепи, а также уборка разрушенной горной массы производились под защитой временной крепи, конструкция которой должна обеспечить безопасность работ.

Временная крепь должна отличаться простотой конструкции и удобством установки и разборки. Как правило, она извлекается при возведении постоянной крепи, а при опасности обрушения пород кровли оставляется за крепью.

В отечественной практике для крепления пространства между забоем и постоянной крепью при сооружении горизонтальных и наклонных выработок применяют **временные крепи** следующей **конструкции**:

- консольные (рис.12.4);
- рамные (трапециевидные и арочные);
- подвесные (анкерные и штыревые).

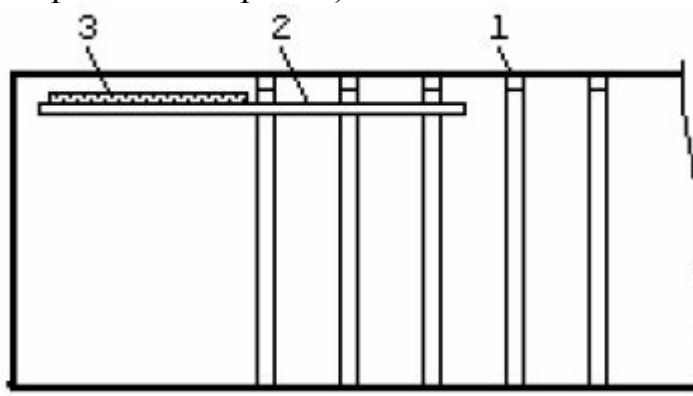


Рисунок 12.4. Временная предохранительная крепь:

1 - постоянная крепь; 2 - подвесные выдвижные балки; 3 - настил из досок.

По назначению временные крепи бывают:

- предохранительные для защиты от вывалов породы. Чаще применяют консольные, которые включают две металлические балки (рис.12.4), подвешенные на скобах к верхнякам ближайших к забою 3...4 рам постоянной крепи. На балки укладывают щиты из досок или перекрытие из 2...3 верхних элементов кре-

пи с затяжками, к которым затем при установке постоянной крепи прикрепят боковые стойки. По мере подвигания забоя консольные балки выдвигаются;

- *поддерживающие*, предупреждающие расслоение и обрушение вышележащих пород. Для этого может применяться рама из двух гидростоек типа ГС и деревянного верхняка и анкерная крепь с сеткой, верхними элементами арок и др.

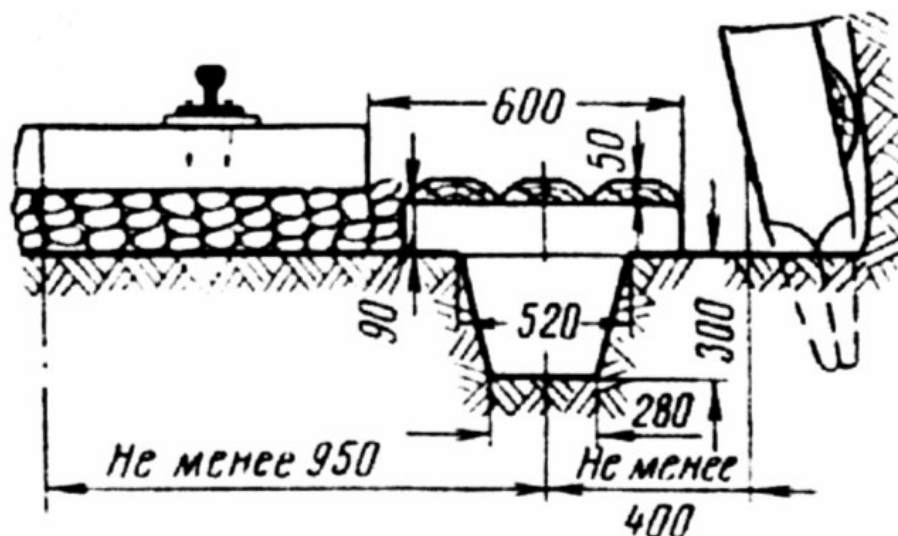
Временная крепь возводится сразу после проветривания забоя после взрывных работ и приведения его в безопасное состояние. Работы выполняются вручную со специальных полков, сооружённых в закреплённой части выработки.

2. 2. Устройство водоотливной канавки

Вода, поступающая в выработку, отводится самотеком по водоотводной (водоотливной) канавке к центральному водосборнику шахты.

Формы и размеры сечения канавок выбираются в зависимости от величины притока воды, свойств пород, типа крепи выработки, ее размеров и срока службы.

Для образования канавки при проведении выработок по крепким породам одновременно со взрыванием шпуров в забое в подошве выработки взрывают 1...2 дополнительных наклонных шпура, пробуриваемых в месте ее будущего расположения. После уборки породы канавку оформляют до проектного сечения с помощью отбойных молотков.



Обычно канавки имеют трапециевидную форму поперечного сечения (рис.12.5), располагаются со стороны прохода для людей, имеют уклон $i = 0,004$ (4 мм/м) в направлении центрального водосборника шахты.

Рис.12.5. Конструкция водоотливной канавки

В крепких неразмокаемых породах с $f > 10$ и при притоках до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ канавку не крепят. В породах с $f < 10$ или при притоках воды более $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ канавки крепят деревом, монолитным бетоном, железобетонными или асбоцементными лотками. Сверху канавки перекрывают железобетонными плитами (ж/б затяжками) или деревянным настилом.

Крепление канавки ведется по мере подвигания забоя выработки, но не более величины отставания по паспорту; водоотливная канавка покрывается настилом для передвижения людей. Доля ручного труда при устройстве водоотводной канавки составляет 40-60%.

2. 3. Прокладка трубопроводов и кабелей.

Трубы и кабели прокладывают в выработках таким образом, чтобы их не мог повредить подвижной состав не только при нормальном движении, но и в случае его схода с рельсов.

Коммуникации располагают так, чтобы обеспечивалось удобство их обслуживания и не создавалось помехи проходу людей. Трубы и кабели целесообразно прокладывать в верхней части выработки

Металлические вентиляционные трубы и трубы сжатого воздуха в зависимости от типа крепи выработки можно подвешивать при помощи металлических хомутов, крючьев (рис.12.6) или металлических штырей, заделываемых в крепь.

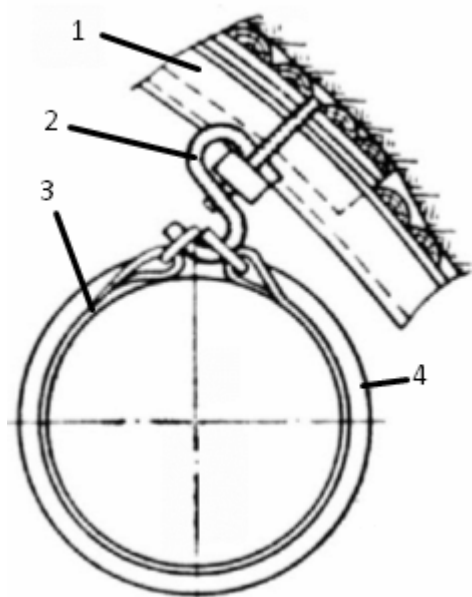


Рис.12.5. Схема подвески труб на хомутах и крючьях: 1 – рама крепи; 2 – крюк; 3 – хомут; 4 – труба.

Прорезиненные вентиляционные трубы подвешивают на крючках к туго натянутому тросу диаметром 5-6 мм. Для подвешивания этих труб служат имеющиеся на них гребни с отверстиями, через которые продеваются крючки. Для уменьшения провисания труб трос следует закреплять на элементах крепи через 4-5 м.

Трубопроводы воды и сжатого воздуха располагают со стороны прохода людей на высоте не ниже 1800 мм или укладывают на подошву выработки на деревянные подкладки. Но таким образом, чтобы они не мешали движению людей.

Слаботочные кабели располагают выше трубопроводов на 300...400 мм.

Силовые кабели подвешивают на гибких или жестких подвесках через 3 и менее м на противоположной от трубопроводов стороне или укладывают на подошву выработки и закрывают железобетонными желобами.

Производительность труда по прокладке трубопроводов и навеске кабелей увеличивается в 8-13 раз при использовании трубоукладчиков (например, ШТУ-2) и кабелеукладчиков ШКУ-1. Они механизуют подъем и укладку на подвески соответственно труб, предварительно смонтированных длиной до 24 м, и разматываемых кабелей.

2. 4. Настилка рельсового пути.

Для работы погрузочных машин вблизи забоя настилают временки. Их монтируют из переносных звеньев, представляющих рельсы длиной 1...2 м, приваренные к металлическим шпалам из швеллера.

Укладку временного пути, т.е. замену временки на временный путь, производят по мере удаления забоя на длину стандартного рельса, временки демон-

тируют и складывают у боков выработки, планируют подошву выработки и укладывают временный путь без балласта.

Постоянный путь состоит из балластного слоя, шпал, рельсов и скреплений (рис.12.7) и настилается с отставанием от забоя на 25...100 м или после ее проведения.

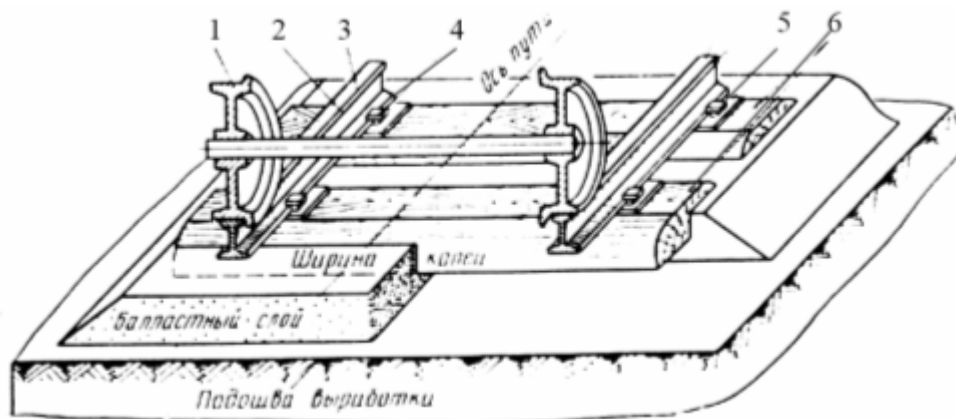


Рис.12.7. Устройство рельсового пути: 1 – реборда колеса; 2 – рельс; 3 – рабочий кант рельса; 4 – костыль; 5 – подкладка; 6 – шпалы.

Порядок выполнения работ при настилке постоянного пути следующий:

- разбивка маркшейдером оси пути и установка через 10...15 м реперов на стенке выработки на высоте 1 м от проектного положения головок рельс;
- планировка полотна пути и укладка через 0,7...1 м деревянных или железобетонных шпал;
- укладка на шпалы рельс и крепление рельс к шпалам костылями при деревянных шпалах или болтами при железобетонных шпалах, при этом ширину колеи, т.е. размер между внутренними рабочими кантами головок рельс, проверяют шаблонами;
- засыпка балласта между шпалами, подъем домкратами и рихтовка путей, при этом под шпалами слой балласта должен быть не менее 100 мм;
- выверка ватерпасом уклона пути, который равен 0.003...0.005 в сторону, куда идет груженный состав, и окончательная засыпка балласта между шпалами на две трети их толщины; в качестве балласта используется щебень или гравий.

Освещение

Вслед за подвиганием забоя с отставанием на 10...20 м наращивают постоянную осветительную сеть. Для освещения используют взрывобезопасные светильники РП-100, РП-200, устанавливаемые через 4...6 м.

Непосредственно в забое для освещения используются прожекторы погружных машин и индивидуальные аккумуляторные светильники

Доставочные работы

Доставку материалов и изделий от места разгрузки непосредственно в забой осуществляют с помощью маневровых лебедок, обратной (нижней) ветвью ленточного конвейера, скребковым конвейером, работающим в реверсном режиме, подвесной монорельсовой дорогой, напочвенной канатной дорогой.

Подвесные и напочвенные дороги универсальны и используются для доставки людей и грузов, независимы от состояния почвы выработки, применяются самостоятельно, а также эффективны и в комбинации с рельсовым транспортом.

Напочвенные канатные дороги - уложенный на подошву выработки рельсовый путь, по которому канатом с помощью привода со шкивом трения перемещают буксировочную тележку. Напочвенные дороги типа ДКН доставляют на длину 1...2 км по выработкам с углом наклона 6...20 градусов при максимальной массе груза 5...25т.

Подвесные монорельсовые канатные дороги типов 6ДМКУ, ДМКМ, 2ДМД имеют, соответственно, максимальную длину доставки - 2000, 3000, 1200 м, максимальный угол наклона - 18, 35, 20 градусов и могут доставлять грузы массой, соответственно, до 8, 12, 8 т.

Наиболее прогрессивным современным решением вопросов доставки материалов и людей по выработкам горных предприятий представляется использование подвесной монорельсовой дороги и подземных безопасных дизелевозов, способных перемещаться по ней по всей шахте или руднику. На наших шахтах нашли применение дизелевозы «Ferrit» (Чехия).

3. Организация работ при проведении выработки.

Работа по проведению горизонтальной или наклонной выработки организуется в большинстве случаев в три 6-часовые смены в сутки, четвертая смена выделяется на ремонт и подготовку оборудования, доставку материалов. Такой режим целесообразно применять при комбайновой проходке и проходке выработок по выбросоопасным породам и пластам угля.

При организации скоростных проходок, а также при применении буровзрывной технологии чаще выработку проходят в четыре рабочие смены. Если нет необходимости в высоких скоростях, проведение выработки может вестись в одну-две смены в сутки (проведение вентиляционных штреков, штреков вслед за лавами при сплошной системе разработки).

Обычно для проходки выработки формируется суточная комплексная бригада, состоящая из сменных звеньев. Бригаду возглавляет бригадир, а сменные звенья – звеньевые. При проходке горизонтальных и наклонных выработок бригада (звено) формируется в основном из проходчиков пятого разряда.

Различают явочный и списочный количественный состав бригады. Списочный состав бригады определяется умножением явочного состава на коэффициент списочного $K_{cn}=1,25...1,45$. При непрерывной рабочей неделе $K_{cn}=1,9$, при общем выходном в воскресенье $K_{cn}=1,5...1,6$.

Количество проходчиков в явочном составе суточной бригады зависит от количества проходчиков в сменном звене и количества смен по проходке в сутки.

Количество проходчиков в сменном звене зависит от трудоёмкости работ горнопроходческого цикла, продолжительности цикла, коэффициента перевыполнения норм выработки, от размеров поперечного сечения выработки.

На основании норм выработки и объёмов работ по каждому проходческому процессу определяется их продолжительность с учетом числа занятых рабочих, после чего строится график организации работ.

Пример графика организации работ при буровзрывной технологии приведен на рис.12.8.

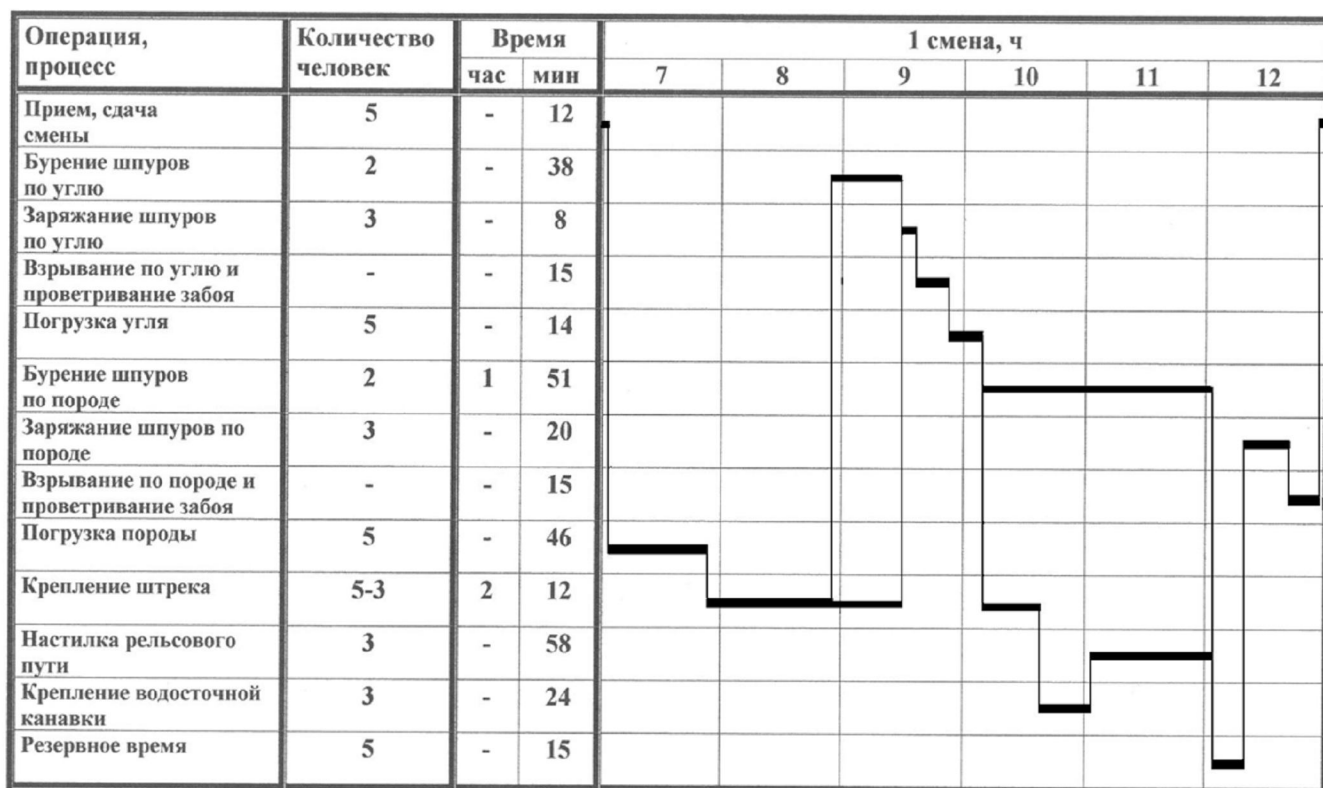


Рис.12.8. График организации работ проходческого цикла при буровзрывной технологии проведения горной выработки.

Ознакомиться подробно с графиком (рис.12.8) и учётом его выполнения.

Исходные данные при составлении графика: двухпутевой коренной штрек сечением $S_{св}=10,5 \text{ м}^2$, $S_{пр}=14 \text{ м}^2$ проводится по пласту антрацита ($f=2$, $\alpha=10^\circ$) с подрывкой пород ($f=6$) буровзрывным способом; площадь угольного забоя $S_y=3,8 \text{ м}^2$; породного $S_n=10,2 \text{ м}^2$; по углю бурят 8 шпуров ($N_y=8$), по породе $N_n=20$ шпуров; заходка $L_z=2,0 \text{ м}$; КИШ по углю $\eta_y=0,9$, по породе $\eta_n=0,95$; бурение шпуров и погрузка горной массы производятся буропогрузочной машиной 2ПНБ-2Б с навесным бурильным оборудованием НБ-1Э, породу грузят в состав вагонеток под перегружателем ППЛ-1к; для обмена составов используются две маневровые лебёдки ЛП-1; штрек крепят арочной трехзвенной крепью из СВП-27; затяжки железобетонные; расстояние между рамами $L=1 \text{ м}$; для настилки пути используются рельсы Р-33, шпалы деревянные, расстояние между шпалами $0,7 \text{ м}$, ширина колеи 900 мм ; водосточная канавка образуется взрывом заряда в «канавочном шпуре», крепится сборным железобетоном; режим работы по проходке – три 6-часовые смены в сутки ($n_{ср}=3$).

Тема. Проведение горизонтальных выработок комбайновым способом.

1. Общие сведения о комбайновом способе проведения.

Научно-технический прогресс в области проведения горных выработок в основном реализуется путем развития комбайнового способа проведения. По сравнению с буровзрывным способом производительность труда при комбайновом возрастает в 1.5...2 раза, скорость в 2...2.5 раза, стоимость снижается на 30...50%.

По сравнению с буровзрывной технологией при комбайновом способе существенно сокращается количество основных процессов проходческого цикла. При комбайновой технологии проведения выработок цикл включает всего три основных процесса:

- 1) разрушение породного массива по забою выработки (выемка);
- 2) погрузка и транспортирование горной массы;
- 3) возведение постоянной крепи.

При этом проходческий цикл не имеет ярко выраженных границ, как при буровзрывном способе. Некоторые работы основных процессов выполняют вручную: заготовка элементов крепи (подноска, подготовка к установке); крепление (устройство лунок, установка стоек, верхняков, расклинка, затяжка и забутовка закрепного пространства); зачистка подошвы выработки.

Такие процессы, как бурение шпуров, зарядание и взрывание, проветривание и приведение забоя в безопасное состояние после взрывания, исключены из проходческого цикла. Для комбайновой технологии строительства характерна не цикличная, а циклично-поточная организация труда.

Вспомогательные процессы остаются такими же, как и при буровзрывной технологии (настилка рельсовых путей, увеличение длины конвейеров, прокладка труб и кабелей, устройство водоотводной канавки и др.). Большое значение приобретает своевременность их выполнения, так как их относительная трудоемкость в связи с недостаточным уровнем механизации значительно возрастает.

Достоинства комбайнового способа проведения горных выработок:

- полная механизация и совмещение по времени основных процессов выемки и погрузки горной массы;
- выемка породы производится в пределах проектного контура выработки без нарушения сплошности окружающего массива = повышается устойчивость породного обнажения;
- увеличение темпов проходки и производительности труда рабочих по сравнению с буровзрывным способом;
- снижение стоимости проведения выработок;
- повышение безопасности и улучшение санитарных условий работ.

Недостатки комбайнового способа:

- ограниченная область применения по сечению выработки и крепости пород;
- значительные первоначальные капитальные затраты;

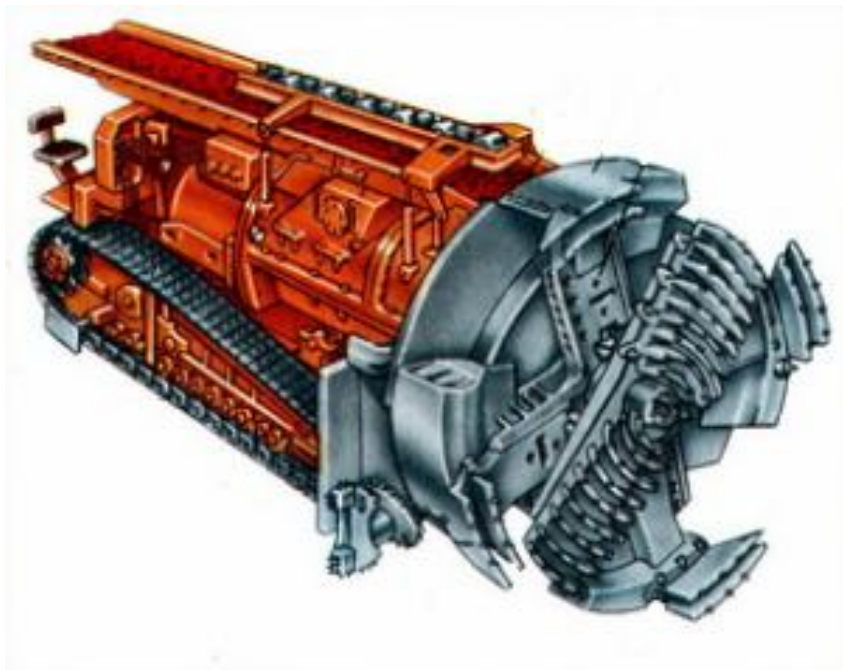
- высокая стоимость обслуживания и ремонта;
- в слабых породах горное давление проявляется интенсивнее, чем при буровзрывном способе.

Эффективность работы проходческих комбайнов зависит от прочностных свойств пород и в значительной степени от их абразивности, от которой зависит изнашиваемость породоразрушающего инструмента и изменение его геометрии. Кроме того, на сопротивляемость массива разрушению механическими способами оказывают существенное влияние его нарушенность и трещиноватость.

Применяемые в настоящее время в промышленных условиях проходческие комбайны по способу обработки забоя делятся на две группы: **бурового действия (роторные)** с разрушением массива сразу по всей площади забоя и **избирательного действия (стреловидные)** с последовательным разрушением массива по площади забоя.

2. Область применения и характеристика проходческих комбайнов бурового действия. Технология проведения выработок.

Отличительной особенностью комбайнов бурового действия (роторного типа) является разрушение горной массы одновременно по всей площади забоя (рис.13.1). По этой причине они имеют ещё одно название: комбайны сплошного разрушения забоя.



13.1. Общий вид проходческого комбайна роторного типа

Проходческие комбайны бурового действия разделяют на две группы: для проведения горных выработок по углю, солям и мягким породам с $f < 4$ и для проведения горных выработок по крепким абразивным породам с $f = 8-16$.

Комбайны бурового действия могут разрушать породы с пределом прочности на одноосное сжатие до 150 МПа. Разрушение пород в зависимости от их крепости производится путём раздавливания, скалывания или резания горного массива. Комбайны работают по принципу распорно-шагающих механизмов и обес-

печивают проведение выработок круглой формы. Арочное сечение выработки можно получить, доработав круглое сечение бермовыми фрезами (рис.13.1),

Проходческие комбайны бурового действия имеют роторный исполнительный орган, объединяющий функции разрушения породы, погрузки и транспортировки, снабженный шарошками лобового резания, погрузочными ковшами и ленточным конвейером. Роторный исполнительный орган разрушает породу шарошками одновременно по всей площади забоя, поэтому требует большого усилия подачи и большой мощности электродвигателей для исполнительного органа.

Технические характеристики комбайнов роторного типа и условия их применения представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1. Технические характеристики комбайнов бурового действия

Показатели	Наименование комбайна				
	КРТ	Союз-19у	Урал-10КСА	Урал-20КСА	ПК-8м
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	16,5	20,6	8,3; 9,4; 10,5	15,3; 17,9; 20,2	8-9
Максимальный коэффициент крепости разрушаемых пород по шкале проф. М.М. Протодяконова	8	8	4	4	4
Абразивность пород, мг	35	35	-	-	-
Угол наклона выработки, градус	±10	±10	± 12	±12	±15
Мощность двигателей, кВт: установленная суммарная исполнительного органа	417 230	960 640	444,6 -	536 -	356 -
Усилие подачи, кН	1600	6400	-	-	-
Масса комбайна, т	116	280	63	78-82	65
Длина комбайна, м	15	15,2	12,3	11,5	9,3

Недостатками комбайнов бурового действия являются: ограниченная мобильность из-за сложного распорно-шагающего устройства; большие масса и длина комбайна (масса 90-250 т, длина 15-16 м); проведение выработок с большим радиусом искривления (100-140 м); необходимость замены роторного исполнительного органа при изменении размеров выработки; громоздкость комбайна, затрудняющая его осмотр, ремонт и выполнение работ по креплению выработок; высокая трудоемкость монтажных работ.

В связи с высокой стоимостью и большими затратами времени на монтажные работы комбайны бурового действия целесообразно применять только при проведении длинных малоискривленных выработок. В настоящее время их, как правило, применяют для проведения длинных тоннелей и реже - выработок в шахтах. Комбайны бурового действия Урал-10КСА и Урал-20КСА широко используются при добыче каменных солей и на калийных месторождениях.

При проведении выработок с применением комбайнов бурового действия проходческая система состоит из: бурового комбайна; оборудования для транспортирования горной массы, насыпки балластного слоя; средств доставки и установки крепи; средств проветривания забоя и обеспыливания воздуха.

Проведение выработок данными комбайнами можно разделить на **три фазы**:

первая – подготовительная, которая включает работы: строительство монтажной (шириной и высотой 7...8 м, длиной 10...30 м) и стартовой камер (начальная часть будущей выработки) (рис. 13.2); доставка узлов и монтаж комбайна (от 30 до 90 суток); обеспечение проветривания и снабжение энергией;

вторая - механизированная проходка с транспортированием горной массы осуществляется по схеме: комбайн - телескопический конвейер - стационарный ленточный конвейер;

третья - заключительные работы - демонтаж оборудования (30...40 суток).

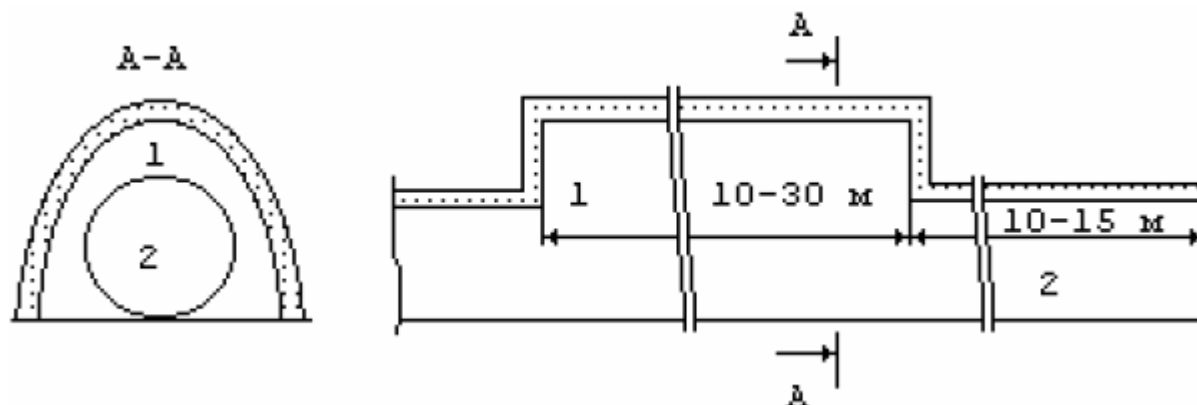


Рис.13.2. Монтажная (1) и стартовая (2) камеры для комбайна роторного типа.

Скорость проведения ограничивается процессом крепления. Для его ускорения и снижения трудоемкости предусмотрены крепемонтажные устройства и гидropодъемники. При применении комбайнов бурового действия скорость проходки достигает 8 м/смену (600 м/мес).

3. Область применения и характеристика проходческих комбайнов избирательного действия.

Проходческие комбайны избирательного действия или, как их еще называют, стреловидные комбайны позволяют полностью механизировать процесс отбойки и погрузки горной массы. Они представляют собой мощные самоходные агрегаты на гусеничном ходу, снабженные режущей головкой и погрузочным органом. Погрузочный орган обычно представляет собой комбинацию нагребующих лап или звезд со скребковым или цепным конвейером.

Преимущества комбайнов избирательного действия по сравнению с комбайнами бурового действия следующие: 1) лучшая маневренность; 2) возможность монтажа и применения в выработках небольшой площади сечения (8-10 м²) без дополнительной монтажной камеры; 3) возможность раздельной выемки горной массы в смешанных забоях; 4) применение в выработках любой формы поперечного сечения; 5) возможность монтажа крепи непосредственно в забое; 6) меньшая масса и стоимость.

Недостатки комбайнов избирательного действия по сравнению с комбайнами бурового действия следующие: 1) цикличное действие при разработке породы

в забое, что снижает производительность; 2) неуравновешенность исполнительного органа, приводящая к динамическим нагрузкам.

Основными узлами серийно выпускаемых проходческих комбайнов избирательного действия являются (рис.13.3): 1) стреловидный исполнительный орган с продольно- или поперечно-режущей коронкой; 2) гусеничный механизм передвижения; 3) погрузочное устройство; 4) гидросистема; 5) электрооборудование; 6) система пылеподавления.

Схема типового проходческого комбайна избирательного действия приведена на рис.13.3.

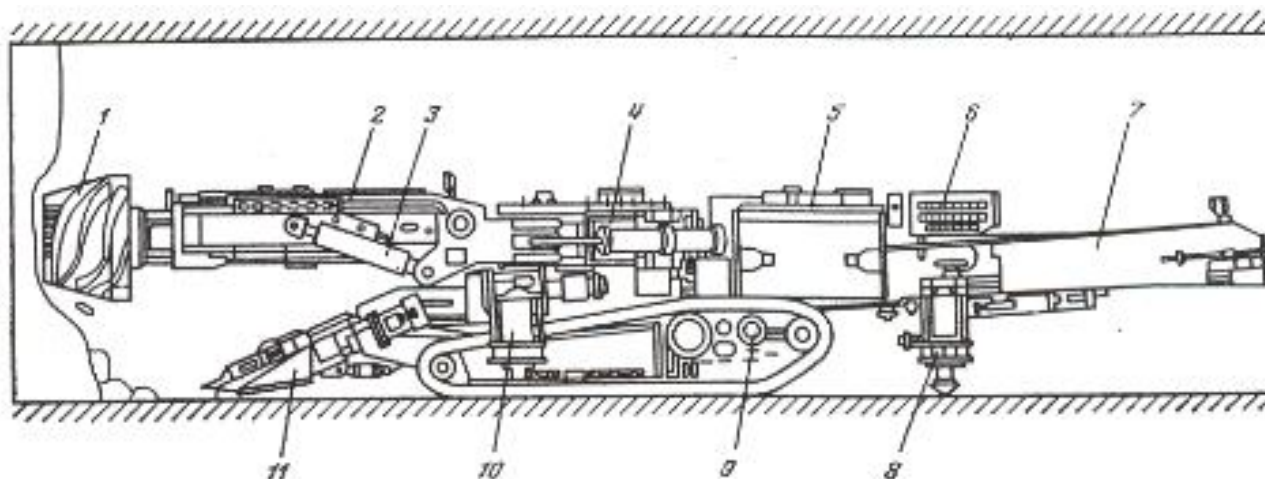


Рис.13.3. Схема проходческого комбайна избирательного действия: 1 – отбойная коронка, 2 – исполнительный орган, 3 – гидродомкрат, 4 – корпус, 5 – электрооборудование, 6 – пульт управления, 7 – скребковый конвейер, 8 – задний опорный цилиндр, 9 – ходовая тележка, 10 – передний опорный цилиндр, 11 – погрузочное устройство.

Комбайны избирательного действия выпускаются **трех типов**: тяжелого (масса 75 т и более), среднего (масса 40...55 т) и легкого (масса 30 т и менее).

Технические характеристики комбайнов избирательного действия и условия их применения представлены в таблице 13.2.

Таблица 13.2 Технические характеристики комбайнов избирательного действия

Показатели	Наименование комбайна							
	1 ГПКС	4ПП- 2м	КСП- 22	КСП- 32	КСП- 42(43)	П-110	П-160	П-220
Площадь поперечного сечения проводимой выработки в черне от...до, м ²	5...17	9...25	8...22	10...33	12,5... 38	7...25	9...30	9...30
Коэффициент крепости породы, не более	5	6	5	7	9	7	7	8
Коэффициент присечки породы при максимально допустимой крепости породы, не более	0,75	0,75	-	-	-	-	0,75	-
Техническая производительность, м ³ /мин: по углю по породе максимально допустимой крепости	1,42 0,23	1,6 0,26	1,42 0,25	1,7 0,30	3,2 0,20	1,7 0,30	2,1 0,29	3,0 0,30

Показатели	Наименование комбайна							
	1 ГПКС	4ПП- 2м	КСП- 22	КСП- 32	КСП- 42(43)	П-110	П-160	П-220
Суммарная установленная мощность двигателей, кВт	110	220	173	200	390	195	230	305
Мощность двигателя исполнительного органа, кВт	55	120	75	110	200	2x55	160	2x110
Основные размеры, м:								
длина	10,5	9,1	11,2	10,5	11,4	12,7	12,0	13,0
ширина	1,6	2,45	1,97	2,6	2,95	2,3	2,7	2,55
высота	2,1	2,1	1,6	2,0	2,2	1,8	1,6	1,85
Масса, т	25	45	30	45	75	41	55	53

В настоящее время стреловидные комбайны широко применяются на угольных шахтах и в рудниках. Основные типы проходческих комбайнов в горнодобывающей отрасли следующие: КСП-32, КСП-42(43), 4ПП-2м (производства Ясиноватского машзавода), П-110 (производства НКМЗ), ГПКС-01 (производства России) и другие. Средние темпы комбайновой проходки – 250...300 м/месяц готовой выработки.

4. Технология проведения выработки комбайном избирательного действия.

Проходческий цикл включает в себя: работы по разрушению, погрузке и транспортированию породы (*работа комбайна*), замене резцов и смазке узлов комбайна (*обслуживание комбайна*), возведению временной и постоянной крепи (*крепление*), + вспомогательные процессы: настилка рельсового пути, устройство водоотливной канавки, наращивание скребкового или ленточного конвейера (если он используется при погрузке породы), труб, кабелей.

4.1. Отбойка горной массы.

Процесс отбойки горной массы от массива является главным в комбайновой технологии. Разрушение забоя горной выработки режущей коронкой исполнительного органа комбайна производят последовательными заходками.

Наиболее сложный момент разрушения - это первоначальное внедрение рабочей коронки в массив, которое в зависимости от крепости горных пород происходит на различную глубину. Горно-геологические условия залегания различных пластовых и рудных месторождений позволяют отыскать «слабые» места в забое для того, чтобы произвести «зарубку» в этих местах. Глубина внедрения коронки в забой зависит от прочности и абразивности породного массива. Максимальную глубину вреза обычно принимают равной 0,5...0,7 длины коронки. Ширина вреза, как правило, равна диаметру коронки. После внедрения рабочей коронки в массив осуществляют его разрушение движением исполнительного органа комбайна в вертикальной или горизонтальной плоскости, в зависимости от крепости горных пород (рис.13.4).

После первого прохода исполнительного органа создается дополнительная обнаженная поверхность (штроба), способствующая более эффективному последующему разрушению массива. В крепких породах рекомендуется перемещение исполнительного органа производить в вертикальной плоскости (сверху вниз или снизу вверх), при этом для разрушения используют собственный вес исполни-

тельного органа или максимальное напорное усилие от гидравлической системы комбайна. Перемещение исполнительного органа в горизонтальной плоскости (слева направо или справа налево) применяют при более слабых породах, что способствует более производительному разрушению за счет снижения холостых перегонов исполнительного органа.

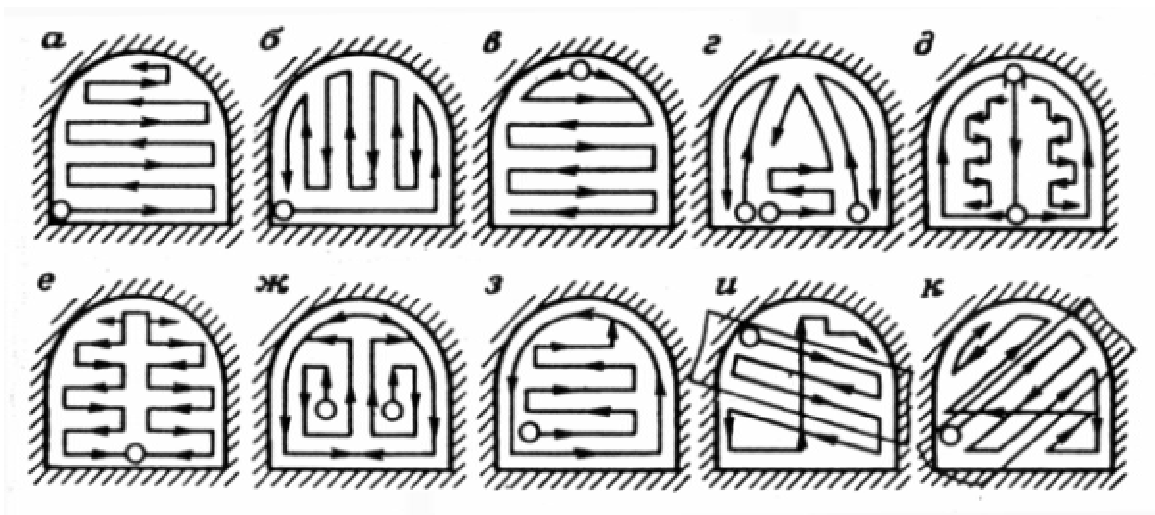


Рис.13.4. Схемы обработки забоя выработки исполнительным органом комбайна избирательного действия.

При проведении штреков по угля с подрывкой породы сначала комбайном производят выемку угля, а затем разрушают породу в почве и кровле выработки.

Величину заходки принимают кратной шагу установки крепи, но не более 2 м.

4.2. Погрузка и транспорт горной массы.

Одновременно с разрушением массива производят погрузку отбитой горной массы. Грамотная организация транспортирования породы из забоя оказывает большое влияние на технико-экономические показатели сооружения выработки.

Отбитая горная масса сначала попадает на питатель, а затем уже передается на конвейер комбайна. На отечественных и зарубежных комбайнах в качестве погрузочных устройств на питателе применяют: кольцевой грузчик, скребковый конвейер, звезды, вращающиеся диски, поворотные рычажные лапы, нагребавшие лапы.

Наибольшее распространение получили различные конструкции парных нагребавших лап, обладающих универсальностью применения, особенно при погрузке в тяжелых условиях (кусковатость, влажность, неравномерность нагрузки).

Через питатель происходит загрузка горной массы на конвейер, встроенный в комбайн. Чаще всего конвейер проходит по центру комбайна.

Обязательным условием высокопроизводительной работы комбайна является опережающая производительность призабойных транспортных средств и возможность их непрерывной работы. Между проходческим комбайном и транспортным средством, как правило, размещают перегружатель. В свою очередь, большинство моделей комбайнов оснащаются подъемно-поворотной хвостовой частью конвейера и приспособлены работать в комплексе перегружателями. В

практике применяются несколько типов подвесных, мостовых и прицепных ленточных перегружателей, основное назначение которых - обеспечить непрерывный поток горной массы из забоя выработки.

Для обеспечения максимальной производительности погрузки породы наиболее целесообразно использовать перегружатели с конвейерным транспортом или удлиненные перегружатели с периодической погрузкой горной массы в вагонетки на два рельсовых пути, а также схемы погрузки породы, предполагающие использование ленточных телескопических конвейеров (ЛТ). Последняя схема считается наиболее прогрессивной, и позволяют более чем в 2 раза сократить затраты времени на наращивание конвейера.

Рабочие, занятые в процессе погрузки породы, следят за работой перегружателя и загрузкой вагонеток, производят замену груженых вагонеток на порожние и зачистку горной массы за комбайном (см. технологическую схему – рис.13.4).

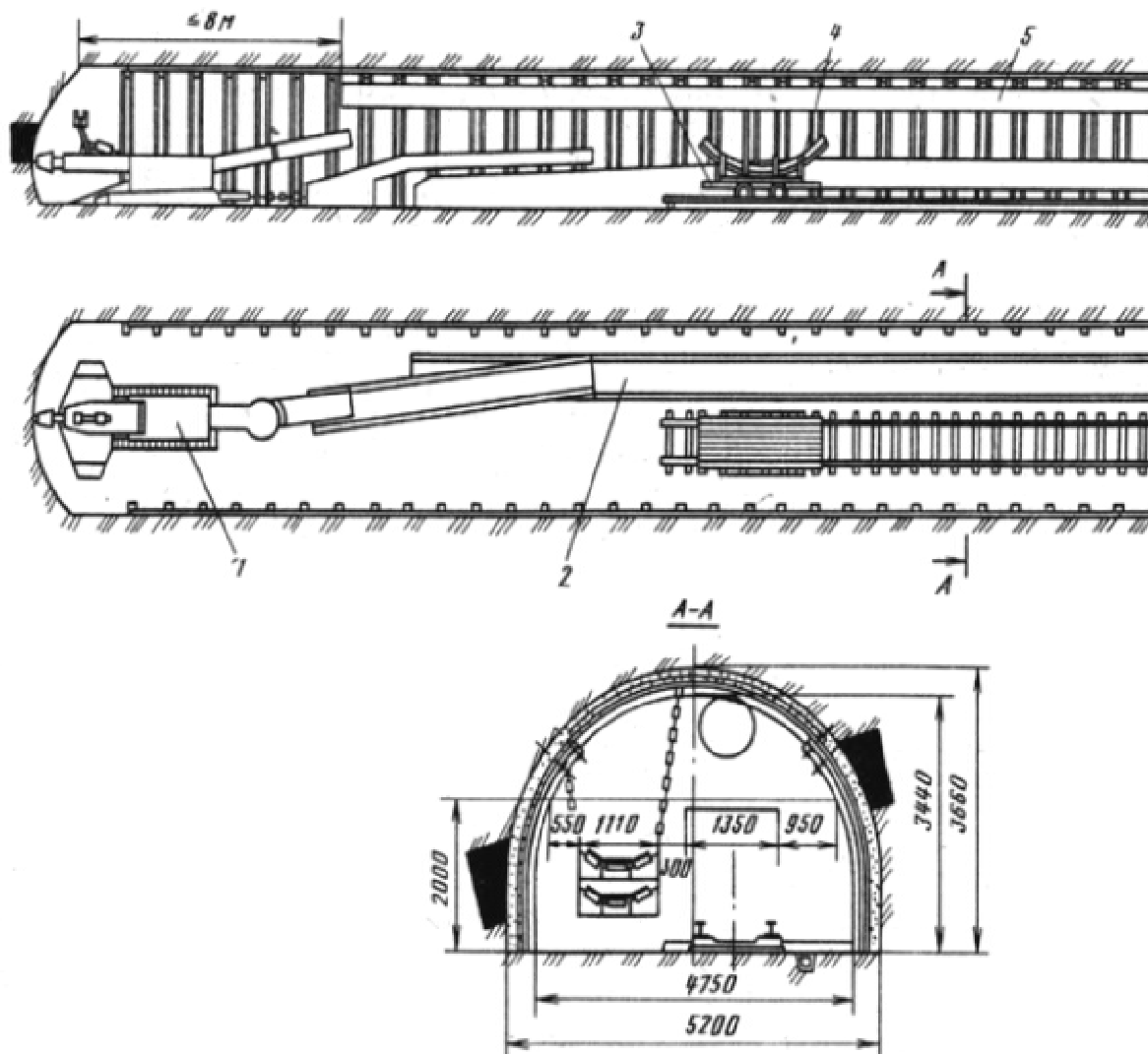


Рис. 13.4. Технологическая схема проведения выработки комбайном: 1 – комбайн; 2 – ленточный конвейер; 3 – платформа; 4 – контейнер; 5 – вентиляционный трубопровод; между комбайном и ленточным конвейером находится ленточный перегружатель.

4.3. Возведение постоянной крепи.

Непрерывность работы комбайна нарушается необходимостью его остановки для возведения постоянной крепи. Время непрерывной работы комбайна зависит от величины заходки, которая в свою очередь зависит от допустимой величины обнажения и шага установки крепи.

Значительно усложняется производство работ по креплению, если в качестве постоянной крепи принята арочная крепь из спецпрофиля, причем с ж/бетонными затяжками. Механизировать установку арок сложно и еще сложнее механизировать монтаж ж/бетонных затяжек. По этим причинам возведение такого вида крепи, как правило, сопровождается полной остановкой комбайна и приводит к существенным потерям времени.

Как показывает опыт, на возведение крепи с рамными металлическими конструкциями при применении комбайнов избирательного действия приходится до 40 % времени проходческого цикла.

Указанные недостатки могут быть устранены заменой деревянных и бетонных затяжек тканевыми или металлическими сетчатыми затяжками, а также применением временной гидрофицированной металлической передвижной крепи или установкой на комбайне специального навесного оборудования для механизации монтажа элементов крепи..

Средства механизации монтируют на стреле или на корпусе комбайна.

Существующие средства механизации возведения металлической арочной крепи подразделяют на предназначенные для установки крепи непосредственно у забоя и ее возведения вне зоны работы проходческого комбайна. К первым относят навесное оборудование, подвесные крепеустановщики и порталные тележки, ко вторым - переносные инвентарные и шагающие проходческие крепи.

По результатам зарубежного опыта, механизация возведения крепи позволит увеличить скорость проходки в 1,5...2 раза и сократить численность проходчиков в 1,3...1,5 раза.

Доставка в забой крепежных материалов осуществляется напочвенным рельсовым транспортом (при наличии в выработке рельсовых путей) или подвесной монорельсовой дорогой.

4.4. Проветривание и пылеподавление.

Проведение выработок комбайновым способом сопровождается повышенной запыленностью воздуха в призабойном пространстве, возможностью газовыделения из породных обнажений. Основными источниками пылевыделения при проходке выработок комбайнами являются: процесс резания породы и угля рабочим органом; погрузка, перегрузка и транспортирование горной массы; вторичное завихрение осевшей пыли.

Запыленность воздуха в проходческом забое при отсутствии специальных средств пылеподавления достигает 2000-3000 мг/м³ и более, что недопустимо для нормальных условий работы обслуживающего персонала и оборудования. Кроме того, интенсивное пылеобразование при работе по углю значительно повышает опасность ведения работ в условиях шахт, опасных по пыли.

Вентиляция. Одним из основных средств борьбы с пылью является проветривание. Правильно организованное проветривание забоя значительно снижает запыленность воздуха на рабочих местах. При комбайновой технологии в качестве борьбы с пылью в призабойной зоне используют пылеотсасывающие установки, поставляемые с комплектом оборудования. Поэтому вентиляцию механизированных забоев осуществляют комбинированным способом. Свежий воздух подают в забой по нагнетательному трубопроводу, а в качестве всасывающего используют трубопровод пыле-отсасывающей установки.

Пылеподавление. В принципе системы пылеподавления для буровых и стреловидных проходческих комбайнов одинаковы и состоят из системы орошения и пылеотсоса.

При работе проходческих комбайнов избирательного действия борьба с пылью значительно осложняется, так как невозможность локализации пыли на этих комбайнах приводит к распространению витающей пыли в призабойном пространстве выработки.

Наибольшее распространение получило орошение очагов пылеобразования в сочетании с отсосом запыленного воздуха. Применение орошения водой мест разрушения горной массы вызывает осаждение крупнодисперсной пыли размером 6...10 мкм, образующейся от разрушения забоя исполнительным органом. Мелкодисперсная пыль размером до 5 мкм выносятся из забоя струей воздуха нагнетательной вентиляции, а пылеулавливающая установка, засасывая запыленный воздух, улавливает взвешенную в воздушном потоке пыль и выделяет ее в виде шлама. При этом необходимо производить подбор систем орошения и пылеотсоса. Для орошения мест отбойки и перегрузки угля и породы применяют зонтичные или конусные форсунки, а для создания завесы в призабойном пространстве – плоскоструйные.

4.5. Организация работ.

Организация работ при комбайновом способе проведения горных выработок должна обеспечивать максимально возможное использование рабочего времени комбайна, максимальное совмещение во времени основных и вспомогательных процессов проходческого цикла, который не имеет ярко выраженных границ, как при буровзрывном способе, сокращение времени подготовительно-заключительных операций, ликвидацию простоев.

Рабочую смену начинают с осмотра комбайна и горно-проходческого оборудования и замены резцов, после чего приступают к выполнению основных процессов: обработке забоя, погрузке и транспортированию горной массы. Другие рабочие подготавливают элементы крепи к их возведению в забое, затягивают бока выработки вне зоны работы комбайна, грузят вручную оставшуюся породу у боков выработки.

Время непрерывной работы комбайна зависит от его производительности, прочности породы, допустимой величины обнажения кровли, технического состояния комбайна, квалификации машиниста и других факторов.

При современном уровне механизации основных процессов, надежности горно-проходческого оборудования, существующей организации труда коэффи-

коэффициент использования проходческого комбайна колеблется всего лишь от 0,15 до 0,30, в связи с чем эксплуатационная производительность комбайнов в среднем в 5...7 раз меньше теоретической. Поэтому, создание комбайнов высокой производительности не приводит к соответствующему повышению эксплуатационной производительности, так как с увеличением теоретической производительности комбайна коэффициент его использования уменьшается.

Основным направлением повышения эксплуатационной производительности комбайнов является сокращение времени выполнения вспомогательных работ и простоев и за счет этого повышение коэффициента использования комбайна.

В паспортах проведения и крепления подготовительных горных выработок приводятся графики организации работ, которые отражают объем, порядок и продолжительность всех операций и работ и численность рабочих, занятых на их выполнении.

Общую организацию работ при комбайновом способе проведения выработок планируют из условия четырехсменной работы в сутки, при этом три шестичасовые смены - рабочие, а одна - ремонтно-подготовительная.

В ремонтно-подготовительную смену проводят профилактический осмотр и текущий ремонт горно-проходческого оборудования, наращивают коммуникации, сооружают водоотводную канавку, доставляют к забою элементы крепи, оборудование и материалы.

В качестве примера приведен график организации работ при проведении штрека смешанным забоем, сечение в проходке 15,7 м² с коэффициентом присечки породы 0,5, крепь КМП-А3 с плотностью установки 2 рамы/м (рис.13.5).

Процессы	Объем работ	Число рабочих	Время выполнения, мин	I - III смены						IV смена					
				Часы смены											
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Подготовка к работе	—	7	15	[График: 15 минут работы в начале 1-й смены]											
Работа комбайна, м ³	23,6	3	46	[График: 46 минут работы комбайна, распределенной по 1-3 сменам]											
Обслуживание комбайна	—	2	29	[График: 29 минут обслуживания комбайна, распределенной по 1-3 сменам]											
Возведение крепи, рам	3	7	49	[График: 49 минут возведения крепи, распределенной по 1-3 сменам]											
Вспомогательные работы	—	4/5	46/29	[График: 46 минут вспомогательных работ в 1-3 сменах, 29 минут в 4-й смене]											
Регламентированный перерыв	—	7	20	[График: 20 минут перерыва в 4-й смене]											
Доставка материалов	—	4	325	[График: 325 минут доставки материалов в 4-й смене]											
Ремонт оборудования	—	4	325	[График: 325 минут ремонта оборудования в 4-й смене]											

Рис.13.5. График организации работ при проведении штрека комбайном П-160 со скоростью 300 м/месяц.

Подробно рассказать по графику порядок выполнения всех работ.

Тема. Сооружение наклонных горных выработок: общие сведения; проведение уклонов, бремсбергов; строительство наклонных стволов.

1. Общие сведения и особенности горных работ при сооружении наклонных выработок.

К наклонным выработкам относятся те, которые имеют угол наклона более 5° : по СНиП – $\alpha \geq 5^\circ$; по ПБ – запрет электровозной откатки в выработках, в которых уклон $i(\operatorname{tg} \alpha) \geq 0,05$ ($\alpha \sim 3,5^\circ$).

В горнодобывающей промышленности наклонные подготовительные выработки широко представлены (см. Лекцию 4): уклоны, бремсберги, восстающие, рудоспуски, скаты, печи и разрезные печи (монтажные камеры). Параллельно уклонам и бремсбергам обычно на расстоянии 30...40м проводят один или два ходка, соединяемые сбойками, которые в период проведения служат для организации транспорта и проветривания, а во время эксплуатации – для перемещения людей, материалов, оборудования и вентиляции.

Объем проведения наклонных выработок на некоторых месторождениях полезных ископаемых достигает 25 % от общей протяженности ежегодно проводимых выработок. В угольной промышленности увеличение объема проведения наклонных подготовительных выработок связано с применением погоризонтной подготовки шахтного поля с выемкой столбов по падению и восстанию.

Форма и размеры поперечного сечения наклонных выработок устанавливаются на основе общих положений, как и применительно к горизонтальным выработкам. Наиболее распространенными формами поперечного сечения наклонных подготовительных выработок являются **арочная** и **трапецевидная**.

По правилам технической эксплуатации в выработках, в которых предусмотрено передвижение людей, должен быть проход размером 1,8м x 0,7м. **Проход для людей** в наклонных выработках предусматривать необходимо, кроме тех, которые оборудованы рельсовым транспортом (в таких выработках перемещение людей запрещено Правилами безопасности). Такие проходы располагают со стороны конвейера (монорельса). В зависимости от угла наклона выработки их оборудуют следующим образом:

- при углах наклона $\alpha = 7...10^\circ$ перилами, прикрепленными к крепи;
- при $\alpha = 11...25^\circ$ — трапами с перилами;
- при $\alpha = 26...30^\circ$ — сходнями со ступеньками и перилами;
- при $\alpha = 31...45^\circ$ — лестницами с горизонтальными ступеньками и перилами;
- $\alpha > 45^\circ$ ходовое отделение оборудуют так же, как и лестничное отделение вертикального ствола.

Распространенные **виды крепи наклонных выработок** такие же, как и горизонтальных: металлическая арочная крепь, монолитный бетон, набрызгбетон, анкерная и смешанная крепь или вовсе без крепи в устойчивых монолитных крепких породах.

Транспортирование горной массы и материалов по наклонным выработкам осуществляют с помощью конвейеров, в сосудах по рельсовым путям, в автосамосвалах (рудники), а при углах наклона свыше 40° при транспортировании сверху вниз — под собственным весом.

Наклонные выработки проводят **в направлении сверху вниз и снизу вверх** буровзрывным способом, комбайнами или выбуривают буровыми установками.

Технология проведения наклонных выработок имеет много общего с технологией проведения горизонтальных выработок. Выполняется тот же комплекс работ, что и для горизонтальных при БВР или комбайновой технологии.

Однако имеющийся угол наклона накладывает **специфические особенности** на технологию: выбор оборудования, организация водоотлива, проветривания, возведение крепи, настилка пути и другие работы.

Водоотлив. При проведении выработок сверху вниз - необходимо откачивать воду, скапливающуюся в забое.

Вентиляция. При проведении снизу вверх происходит скопление метана в забое выработки. Для его удаления необходимо усиленное проветривание или предварительная дегазация. Запрещается применение взрывных работ при проведении наклонных выработок снизу вверх по пласту угля, опасному по выделению метана. Взрывные работы разрешаются только при наличии предварительно пробуренной скважины в сечении выработки, по которой проходит общешахтная струя воздуха.

Крепление. Арки устанавливаются с отклонением на 5° в сторону восстания. На каждый несущий элемент устанавливают стяжку (расстрел).

Настилка пути. Конструктивно предохраняют рельсовый путь от сползания. При $\alpha \leq 9^\circ$ шпалы заводят за ножки крепи, либо забуривают анкера в почву для упора в них шпал, при $\alpha \geq 10^\circ$ шпалы укладывают на $2/3$ их толщины в поперечные канавки на балласт, имеющий толщину не менее 50мм.

При проведении наклонных выработок по сравнению с горизонтальными **увеличивается трудоемкость** всех работ и снижается производительность труда. Например, в выработках с углом наклона от 13 до 30° трудоемкость работ увеличивается на 16% , а в выработках с углом наклона $31 \dots 45^\circ$ - на 30% . Продолжительность подготовительных работ для наклонных выработок всегда больше, чем для горизонтальных.

2. Технология проведения наклонных выработок сверху вниз.

К основным наклонным выработкам, которые проходят сверху вниз, относятся **уклоны**. Наиболее трудоемким процессом при проведении уклонов является погрузка породы.

Вначале выполняются **подготовительные работы**, которые заключаются в маркшейдерской разбивке в штреке мест рассечки уклонов и ходков, устройстве приемно-отправительных площадок, подводе электроэнергии и сжатого воздуха, установке вентиляторов местного проветривания и ряде других операций.

Выемка породы может производиться с помощью проходческих комбайнов или буровзрывным способом.

При комбайновой технологии обычно используют комбайны избирательного действия, с помощью которых проходят выработки с углом наклона до 12° . Комбайн ГПКСН конструкции ЦНИИподземмаш предназначен для проведения выработок сверху вниз под углом до 25° , площадью поперечного сечения $4,7 \dots 15 \text{ м}^2$, шириной $2,6 \dots 4,7 \text{ м}$ и высотой $1,8 \dots 3,6 \text{ м}$. Комбайн ГПКСН в отличие от комбайна ГПКС снабжен двухдисковой коронкой вместо резцовой, а также устройством для подвески на канате и лебедкой, которые удерживают комбайн от сползания.

При буровзрывном способе для бурения шпуров используют то же оборудование, что и при проведении горизонтальных выработок. При угле наклона выработок до 30° применяют бурильные установки и колонковые бурильные машины, устанавливаемые на погрузочных машинах с помощью манипуляторов. В выработках с углом наклона более 30° обычно для бурения шпуров используют ручные перфораторы (крепкие породы), пневматические и электрические сверла (мягкие породы).

Самоходные бурильные установки на гусеничном ходу могут применяться при угле наклона выработок до 15° . Ими можно также бурить шпуры для установки анкерной крепи. Бурильные установки на рельсовом ходу типа БУ-1, БУР-2 и другие, применяемые в горизонтальных выработках, могут без переделок использоваться в выработках с углом наклона до 8° . При некоторых конструктивных дополнениях эти установки могут применяться в выработках с углом наклона до 30° .

Выбор взрывчатых веществ, средств взрывания, параметров буровзрывных работ (расход ВВ, конструкция, число, глубина и расположение шпуров) производится так же, как и при проведении горизонтальных выработок в аналогичных условиях.

Проветривание забоев одиночных наклонных выработок производят по нагнетательной схеме при помощи вентиляторов местного проветривания и вентиляционных трубопроводов. При проходке уклонов вентилятор устанавливают на штреке со стороны движения свежей струи на расстоянии не менее 10 м от устья уклона.

Погрузка породы осуществляется машинами периодического и непрерывного действия, а также скреперными комплексами.

Погрузочные машины типа ПНБ с нагребными лапами на гусеничном ходу, предназначенные для горизонтальных выработок, применяют и в выработках с углом наклона до 8° , а при наличии удерживающих лебедок – до 15° .

Также для работы по погрузке породы сверху вниз в выработках с углом наклона до 18° созданы специальные погрузочные машины ППМ-4у, 1ПНБ-2у, 2ПНБ-2у и ППБ-1. Главным отличием этих машин от применяемых аналогов в горизонтальных выработках является наличие лебедки, установленной в задней части рамы машины. На барабан лебедки наматывается канат, другой конец которого закреплен к упорной стойке, расположенной в проводимой выработке на расстоянии $25\text{—}30 \text{ м}$ от машины по восстанью.

При углах наклона выработок до 35° для механизации погрузки горной массы используют скреперные установки. Во всех скреперных комплексах макси-

мальное расстояние скреперного полка от забоя составляет не более 25...30 м. Передвижку полка производят после того, как забой выработки удалится на 10...15 м.

Для транспортирования породы из забоя при проведении наклонных выработок используют вагонетки, скипы, ленточные и скребковые конвейеры. Вид транспорта при проведении подбирают в соответствии с видом транспорта в период эксплуатации.

При конвейерном транспортировании погрузка породы производится непрерывно, и время погрузки зависит от производительности погрузочной машины.

Ленточные конвейеры применяют при углах наклона до 18° , скребковые — до 30° . Этот вид транспорта является наиболее производительным и технологичным, однако возможность его применения в большой степени зависит от притока воды в забой и физико-механических свойств пород. Так, при угле наклона выработки свыше 12° и притоке воды в забой более $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ производительность ленточных конвейеров резко падает, так как насыщенная водой порода скатывается с ленты и транспортирование ее становится невозможным. В этих же условиях плохо работают и скребковые конвейеры, так как происходит налипание породы на решетки, вследствие чего приходится часто их очищать.

Для доставки материалов в забой при конвейерном транспортировании породы используют чаще всего монорельсовые и канатные подвесные дороги (до 28°), а также вагонетки.

Канатно-рельсовый транспорт породы применяют при углах наклона от $5...7^\circ$ и выше, а при уклонах более $20...25^\circ$ он является единственно возможным. Транспортирование породы в вагонетках осуществляется при углах до 25° , а при больших углах наклона — в опрокидных скипах. Спуск и подъем вагонеток и скипов производится однобарабанными и двухбарабанными подъемными машинами, которые размещают в специальной камере рядом с устьем уклона.

Недостатком транспортирования породы в вагонетках или скипах является низкая эксплуатационная производительность погрузочной машины вследствие ее простоев во время подъема груженных и спуска порожних сосудов.

Скиповой подъем более производителен, чем подъем в вагонетках, но спуск и подъем материалов и оборудования этим способом вызывают затруднения.

Возведение крепи при проведении наклонных выработок сверху вниз при углах наклона до 30° аналогично ее возведению в горизонтальных выработках. В уклонах наиболее часто применяют металлическую арочную крепь. Рамы крепи устанавливают с отклонением от нормали к подошве выработки в сторону восстания до $3...5^\circ$ для лучшего противодействия сдвигающей составляющей силы горного давления.

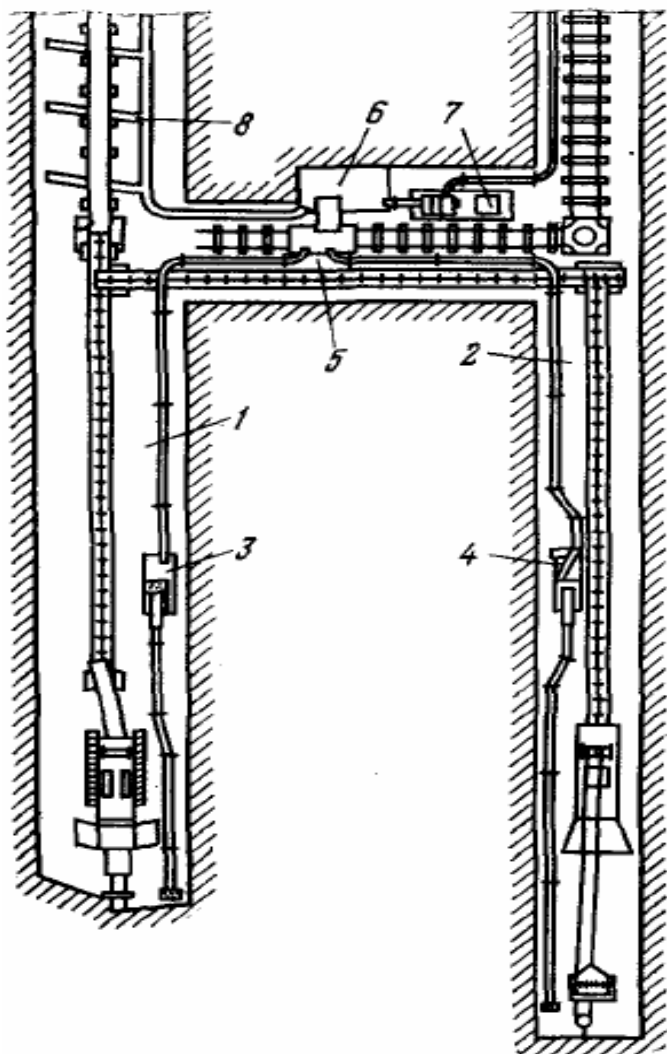
Водоотлив. Наличие воды при проведении уклонов ухудшает условия работы в забое, в результате чего снижаются производительность труда и скорость проведения выработки. Вода в выработку может поступать по трещинам массива из водоотводной канавки штрека, непосредственно из пород забоя или из почвы и кровли пласта по всей длине выработки.

Проникновение воды из канавки штрека устраняют путем бетонирования ее на участке, примыкающем к уклону, или пропуска воды в этом месте по трубам.

Улавливание воды, поступающей по всей длине выработки, производят путем устройства в ее подошве через 10...15 м поперечных канавок, направляющих воду в продольную канавку, по которой она стекает в промежуточный водосборник, откуда стационарными насосами откачивается на поверхность земли или в водосборник следующей перекачной станции.

Остаточное количество воды, не уловленное по всей длине выработки, а также вода, выделяемая из породы в забое ствола или уклона, должна быть откачана. Схема водоотлива выбирается в зависимости от притока воды, вида транспорта, длины выработки и ее угла наклона.

При незначительных притоках воды в выработку (до 5 м³/ч) и при транспортировании породы в вагонетках или скипах улавливание воды обычно не производят. Вода из забоя откачивается забойными переносными насосами (Н-1м, «Байкал-2», НЗВ-1 и др.) в вагонетку или скип и выдается вместе с породой. При больших притоках, а также при конвейерном транспортировании породы откачка воды осуществляется насосами непосредственно или через промежуточные перекачные станции (одноступенчатый или многоступенчатый водоотлив) в канавку штрека.



Одноступенчатую схему водоотлива применяют при длине выработки 200...300 м, угле наклона до 25° и когда воду не улавливают выше забоя. При выделении воды не только в забое выработки, но и по ее длине, а также при значительной длине уклона принимают многоступенчатую схему водоотлива.

На рис. 14.1 показана двухступенчатая схема водоотлива при одновременном проведении двух параллельных наклонных выработок. В каждой выработке располагают забойные насосы, которые откачивают воду в промежуточный водосборник, находящийся в сбойке, откуда перекачным насосом вода выдается на верхний горизонт.

Рис.14.1. Двухступенчатая схема водоотлива при проведении наклонных выработок: 1 – уклон; 2 – людской ходок; 3 и 4 – забойные насосы; 5 – вагонетка для осветления воды; 6 – водосборник; 7 – перекачной насос; 8 – поперечные водоулавливающие канавки.

3. Технология проведения наклонных выработок снизу вверх.

К основным наклонным выработкам, которые проходят снизу вверх, относятся **бремсберги**. Бремсберг обычно проводят одновременно с ходком при расстоянии между ними не менее 20 м. Для облегчения проветривания бремсберг с ходком сбиваются через каждые 15...20 м горизонтальными вентиляционными сбойками.

Подготовительные работы предшествуют проведению: маркшейдерская разбивка в штреке мест расчески бремсберга и ходка; расширение однопутного штрека в месте проведения бремсберга и устройство разминовки; проведение камеры для лебедки; проведение и оборудование заезда в бремсберг или ходок, если предусмотрена прокладка рельсового пути; подвод электроэнергии и сжатого воздуха.

Выемка пород при проведении наклонных выработок снизу вверх может осуществляться буровзрывным способом и комбайнами.

Буровзрывной способ проходки применяется в шахтах не выше II категории по газовойделению при организации хорошего проветривания или дегазации. Параметры буровзрывных работ рассчитывают по тем же формулам, что и для горизонтальных выработок. *Шпур* бурят в основном ручными сверлами или бурильными молотками. В выработках с углом наклона до 10° применяют также бурильные установки. Тип ВВ, конструкцию заряда и последовательность взрывания определяют в соответствии с газовым режимом шахты и требованиями Правил безопасности.

Проветривание бремсберга и ходка осуществляют так же, как и уклонов, имеющих параллельные ходки. В шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам при проходке параллельных наклонных выработок небольшой протяженности устанавливают столько вентиляторов, сколько проходит одновременно выработок, считая и сбойки. В забой каждой выработки прокладывают от вентилятора трубопровод.

При проведении выработок снизу вверх необходимо обращать особое внимание на интенсивное и непрерывное проветривание, особенно при наличии газового режима. Метан, как известно, легче воздуха, при недостаточном проветривании он может скапливаться в забое выработки, создавая угрозу взрыва. В шахтах III категории и сверхкатегорных из-за сложности проветривания забоя часто приходится отказываться от проведения бремсбергов снизу вверх, а проходить их сверху вниз, как уклоны.

Погрузка породы. При углах наклона выработки до 8...10° горную массу грузят машинами непрерывного действия на гусеничном ходу, а свыше 10° — скреперными установками. Транспортирование горной массы из забоя бремсберга до откаточного штрека осуществляют конвейерами. Доставка материалов и оборудования в забой производится в вагонетках, монорельсовой дорогой или волокушей.

Транспорт горной массы производится при $\alpha=3,5\dots25^\circ$ - в вагонетках; $\alpha \leq 18^\circ$ - ленточными конвейерами; $\alpha \leq 25^\circ$ - скребковыми конвейерами; $\alpha \geq 26^\circ$ - в скипах.

Возможна транспортировка скреперами, гидросмывом, самотеком (по желобам, листам, трубам). На сопряжениях с горизонтальными выработками рекомендуется иметь аккумулирующий бункер, что исключить простои при транспортировке горной массы по этим горизонтальным выработкам.

Для упрощения организации и механизации работ по транспорту грузовой поток сосредоточивают в одной из выработок (рис. 14.2, а). Уголь и порода из забоя ходка скребковыми конвейерами перемещаются через ближайшую к забою сбойку на конвейер бремсберга, с помощью которого загружается состав вагонеток. На этот же скребковый конвейер погрузочной машиной грузят уголь и породу из забоя бремсберга.

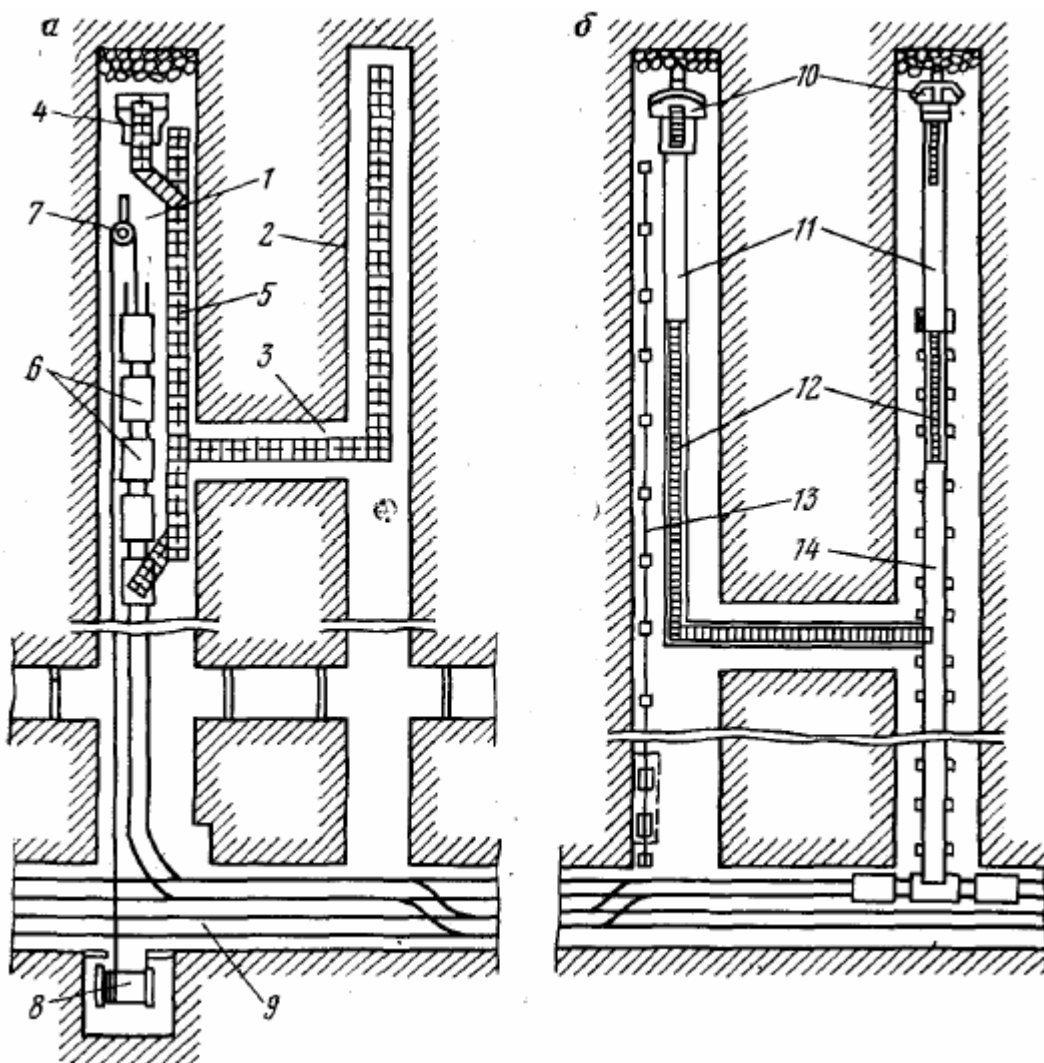


Рис. 14.2 Схемы проведения бремсбергов с транспортировкой горной массы вагонетками (а) и конвейером (б): 1 — бремсберг; 2 — людской ходок; 3 — сбойка; 4 — погрузочная машина; 5 — скребковый конвейер; 6 — состав вагонеток; 7 — концевой шкив подъемной лебедки; 8 — подъемная лебедка; 9 — приемная площадка на откаточном штреке; 10 — комбайн; 11 — перегружатель; 12 — скребковый конвейер; 13 — монорельсовая дорога; 14 — сборный ленточный конвейер.

Рациональнее доставлять уголь и породу из забоев наклонных выработок до откаточного штрека ленточным конвейером, особенно при проходке их комбайнами (рис. 14.2, б). В этом случае горную массу со скребковых конвейеров, установленных в сбойке и бремсберге, грузят на ленточный конвейер. По мере продвижения забоев скребковые конвейеры бремсберга и ходка наращиваются, а ленточные удлиняются через каждые 80...150 м в соответствии с предельной длиной скребкового конвейера. Во время удлинения ленточного конвейера переносится скребковый конвейер, установленный в сбойке, на следующую ближайшую к забоям бремсберга и ходка сбойку, которая к этому времени должна быть пройдена. По этой схеме обе выработки (бремсберг и ходок) должны проходиться комбайнами, чтобы обеспечить одинаковую скорость их проведения.

При конвейерном транспортировании породы доставка материалов и оборудования осуществляется по рельсовому или монорельсовому пути, проложенному в одной из выработок (бремсберге или ходке) (рис. 14.2, б).

При рельсовом транспорте устанавливают два предохранительных барьера (у забоя и на сопряжении с горизонтальной выработкой), открывающиеся для пропуска вагонеток. Барьеры предназначены для остановки («забуривания») вагонеток в случае обрыва каната. Кроме этого, состав вагонеток оснащен упорной вилкой, устанавливаемой на последней вагонетке, служащей для остановки состава в случае обрыва каната.

Крепление бремсбергов и ходков обычно производится арочной металлической крепью из спецпрофиля. Арки крепи устанавливают с отклонением от нормали к подошве выработки на 150...200 мм в сторону восстания. Кроме арочной реже используют рамную металлическую или деревянную крепь, анкерную, различные виды сборной железобетонной крепи. Наименее трудоемко возведение анкерной крепи, которую следует применять в качестве постоянной, если это допустимо по горно-геологическим условиям. Возведение анкерной крепи возможно в непосредственной близости от забоя с использованием навесного бурового оборудования на породопогрузочной машине или комбайне.

Освещение. Породопогрузочные машины и комбайны имеют фары. Нормы освещенности: забой - 5 лк; выработка - 1 лк; приемная площадка - 10 лк.

Комбайновый способ. В настоящее время для проведения наклонных выработок снизу вверх применяются проходческие комбайны избирательного действия. При этом применение комбайнов обычных конструкций ограничивается углом их наклона до 10...12°. При больших углах наклона применяют для удержания комбайнов и их передвижения специальные устройства. Специально для проведения наклонных выработок снизу вверх ЦНИИподземмаш и Копейский машиностроительный завод создали комбайны ГПКСВ и комплекс «Кузбасс» (КН-5Н).

Комбайн ГПКСВ отличается от комбайна ГПКС, применяемого при проведении горизонтальных выработок, наличием на задних осях гусеничного хода барабанов, на которые навивают канаты, закрепленные одним концом в забое, что обеспечивает перемещение комбайна вверх по выработке и его удержание в выработке. Комбайн предназначен для проведения выработок снизу вверх по углю и

по породе с коэффициентом крепости f до 4, с углом наклона до 20° и площадью поперечного сечения $4,7 \dots 15 \text{ м}^2$.

Ряд зарубежных фирм и предприятий выпускает комбайны для проходки горизонтальных и наклонных выработок. В большинстве конструкций предусмотрено при проведении наклонных выработок под углом $10 \dots 20^\circ$ и более удерживать комбайн от сползания с помощью двух цилиндров, которые смонтированы на его раме позади гусениц и распираются между кровлей и подошвой выработки.

4. Строительство наклонных стволов и штолен.

Наклонные стволы и штольни являются капитальными, вскрывающими выработками. Выходящая на поверхность часть ствола (штольни) — **устье** оформляется в виде портала и на протяжении 10 м должно быть закреплено огнестойкой крепью. Надшахтное здание над главным наклонным стволом должно быть герметичным, так как по нему поднимается исходящая струя воздуха.

Технология строительства наклонных стволов и штолен в основном аналогична технологии строительства уклонов. Отличие заключается в том, что стволы проводят с поверхности земли и они имеют бóльшую площадь поперечного сечения. На шахтах наклонные стволы чаще всего проходят по угольному пласту. При слабых боковых породах стволы могут быть полевыми.

До проведения наклонных стволов на поверхности вначале выполняются работы *подготовительного периода*: строят здания и сооружения, монтируют необходимое для проходки горнопроходческое оборудование аналогично строительству вертикального ствола. Специфической особенностью этих подготовительных работ является *проходка устья и возведение поверхностного комплекса* (рис. 14.3).

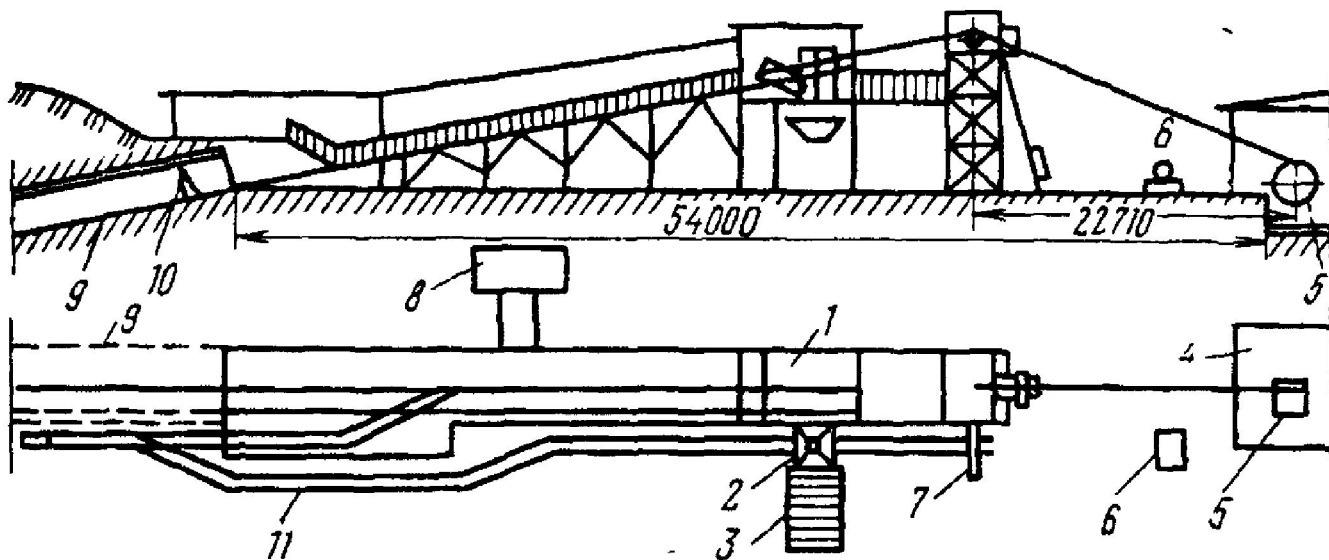


Рис. 14.3. Оснащение поверхности при проходке наклонного ствола:

1 — комплекс разгрузки скипа; 2 — бункер подачи бетона; 3 — эстакада подачи бетона; 4 — здание подъёмной машины; 5 — подъёмная машина; 6 — маневровая лебёдка; 7 — тельфер; 8 — калориферная; 9 — устье; 10 — предохранительный барьер; 11 — рельсовые пути.

В целом строительство наклонных стволов включает **следующие работы**:

- возведение на поверхности земли необходимых зданий и сооружений;
- проходка устья и технологической части;
- монтаж оборудования для подъема горной массы и других транспортных целей;
- монтаж оборудования водоотлива, вентиляции;
- оснащение забоя ствола проходческим оборудованием;
- проходка основной части ствола;
- монтаж эксплуатационного оборудования и его наладка.

Форма и размеры устья соответствуют форме и размерам наклонной выработки. Длина устья зависит от мощности наносных пород и угла наклона выработки. Обычно устье проходят до коренных пород. На полную длину устье крепят монолитным бетоном или железобетоном, реже сборным железобетоном.

При небольшой мощности наносов устье возводят открытым способом. Первоначально отрывают котлован, в котором в направлении снизу вверх возводят постоянную крепь. В устойчивых породах борта котлована делают с небольшим углом наклона ($5^\circ \dots 19^\circ$), в слабых породах – до 45° . Отрывка котлована в мягких породах производится с использованием экскаваторов, скреперов, бульдозеров и погрузочных машин. В крепких породах для выемки породы из котлована используются буровзрывные работы с погрузкой породы скреперными установками или погрузочными машинами.

Для возведения монолитной бетонной (железобетонной) крепи устанавливаются две деревянные (металлические) опалубки — внутренняя и наружная. Наружная опалубка раскрепляется в породные стены котлована, внутренняя – кружалами. После возведения постоянной крепи портала ствола выполняют её гидроизоляцию.

В дальнейшем бульдозерами делают обратную засыпку крепи грунтом, вынутым из котлована, с его качественным уплотнением. Для отвода поверхностных вод возле портала устраивают водоотводные каналы. В забое наклонного ствола монтируют горнопроходческое оборудование и приступают к проведению выработки по коренным породам по технологии, во многом аналогичной проведению уклонов.

В начале проведения выемка породы производится с соблюдением мероприятий, предотвращающих вывалы породы из кровли (*важно!*). В слабых породах разрушение породы производится отбойными молотками. Обнажение кровли должно быть минимальным. При применении буровзрывных работ глубина шпуров принимается 0,8 м... 1 м с уменьшенной массой заряда ВВ.

В дальнейшем горнопроходческие работы осуществляются по буровзрывной или комбайновой технологии. Для погрузки породы кроме машин, указанных в п.2, могут быть использованы комплексы буровзрывной проходки КНС-1 (ППВ-2), «Сибирь», пневмопогрузчики ГП-0,25, КС-3. Комплекс КНС-1 применяют при углах наклона выработки до 55° , обеспечивая бурение шпуров и погрузку породы. Машина имеет съемные рабочие органы, грейферный и ковшовый для погрузки горной массы, манипуляторы для установки бурильных машин, крепеукладчик. Передвигается по двум рельсам, а к третьему крепится захватами. Комплекс «Сибирь» предназначен для проходки наклонных выработок (с углом наклона до 25°)

сверху вниз площадью поперечного сечения 12...22 м². В нём механизированы процессы бурения шпуров, погрузки горной массы, возведения крепи. Наклонные стволы и штольни могут быть пройдены также проходческими комбайнами 4ПП-2, 4ПП-5, «Союз-19», КСП, П-110.

Проветривают наклонные стволы вентиляторами, установленными на поверхности на расстоянии 15...20 м от входа в ствол. При значительных углах наклона выработок входы в стволы перекрывают заграждениями с закрываемыми проходами для сосудов и людей

Для приема породы, поступающей из забоя, на поверхности строится эстакада, которая включает наклонную галерею, вертикальный станок и бункер (рис. 14.3). При выдаче породы в скипах или вагонетках над бункером устанавливается опрокид. При конвейерном транспорте породная масса разгружается непосредственно в бункер, из которого через люковый затвор она попадает в вагонетки поверхностного транспорта или кузов самосвала. Для спуска и подъема материалов, оборудования и людей устраиваются рельсовые заезды.

Здание подъемной машины располагается в торце эстакады. Для подъема и спуска вагонеток (скипов) применяют однобарабанные и двухбарабанные подъемные машины типа БЛ, ЛГП и БМ с диаметром барабана 1200...2500 мм.

Тема. Сооружение наклонных горных выработок:
проведение печей, скатов, восстающих.

1. Проведение печей.

Печи служат для нарезки лав (разрезные), пропуска воздуха (вентиляционные), транспортных целей. Их проводят по пологим пластам угля по падению (восстанию) без подрывки боковых пород. Обычная форма поперечного сечения печей — прямоугольная, в пластах достаточной мощности — круглая или арочная. Высота печей вчерне принимается равной мощности пласта, но не более 1,8...2 м; ширина печей: вентиляционных 1,8...2,6 м; разрезных 3...5 м (рис.15.1). Ширина транспортных печей определяется габаритными размерами транспортного оборудования и необходимыми зазорами.

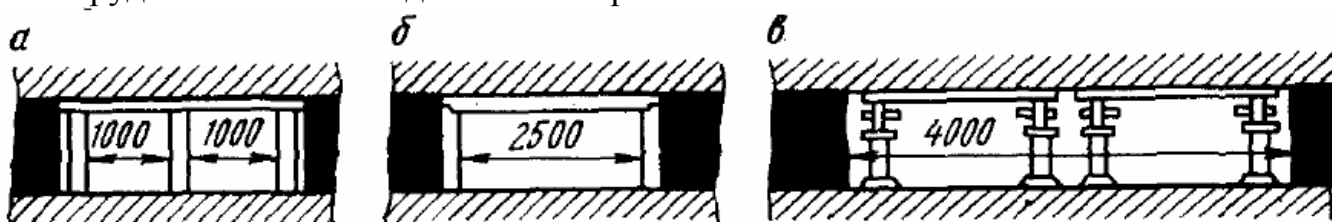


Рис.15.1. Поперечное сечение печей:
а,б – вентиляционных, в - разрезной

Прямоугольные печи крепят двумя — тремя деревянными или металлическими стойками, которые устанавливают под деревянные или металлические верхняки. Кровлю печей можно закреплять анкерами и верхняками с металлической сеткой. Печи круглой и арочной формы поперечного сечения, проведенные по крепкому углю, при незначительном сроке службы не крепят. Проводят печи снизу вверх по буровзрывной технологии, отбойными молотками, с помощью гидроотбойки и гидротранспорта, механогидравлическими комбайнами и машинами, нарезными комбайнами, буросбоечными машинами.

Проведение печей по буровзрывной технологии в газовой шахте снизу вверх возможно только после того, как будет пробурена скважина на всю длину печи (между откаточным и вентиляционным штреками) для проветривания забоя печи за счет общешахтной струи воздуха.

Выемка угля отбойными молотками при проведении печей в настоящее время применяется редко, поскольку является трудоемкой. Этим способом проходят печи небольшой длины на газовых шахтах.

Все рабочие процессы по проведению печей буровзрывным способом выполняет сменное звено из двух-трех проходчиков. Они занимаются отбойкой угля, бурением шпуров ручными электро- или пневмосверлами, погрузкой отбитого или взорванного угля вручную на скребковый конвейер, креплением выработки. Работы выполняются последовательно. Для транспортировки угля на штрек возможно использование скреперов.

Глубину шпуров при буровзрывном способе в зависимости от мощности пласта и ширины выработки принимают равной 1,8...3 м. На 1 м² забоя печи бу-

рят 2,5...3 шпура. В зависимости от мощности пласта при проходке печей прямоугольной формы сечения шпуры располагают в один или два ряда. В выработках сводчатой формы поперечного сечения схемы расположения шпуров аналогичны схемам при проведении горизонтальных выработок по углю. При проведении печи по передовой скважине шпуры в забое располагают с учетом второй обнаженной поверхности.

Если длина печей значительна или их большое количество (например, при разработке мощных пластов), то их проведение необходимо механизировать. Комплексная механизация этих работ обеспечивается применением проходческих или нарезных комбайнов, сбоечно-буровых машин.

Комплексы нарезные для проведения печей выпускают двух типов: КН-78 для пластов мощностью 0,7...1,1 м и КН-78-01 для 1,1...1,6 м. Оба типа комплексов обеспечивают проведение печей шириной 4 м по углю с углом падения пласта до 18°. Они применяются также для выемки угля при проведении штреков, бремсбергов и уклонов, т. е. могут работать по простиранию, восстанию и падению пласта.

В состав нарезного комплекса КН входят: нарезной комбайн, перегружатель, механизм подачи, система пылеподавления, электрооборудование, временная механизированная крепь призабойного пространства и дистанционное управление на расстояние до 40 м от комбайна.

Нарезной комбайн производит разрушение угля в забое и погрузку его на перегружатель. Подача комбайна на забой осуществляется гидродомкратами, закрепленными на распорных стойках. Пылеподавление при работе нарезного комплекса осуществляется водой с помощью системы форсунок, установленных на комбайне.

Сбоечно-буровая машина СБМ-3у бурит передовую скважину Ø 390мм, затем разбуривает её до Ø 850мм, глубина бурения до 150м. Производительность: бурения - 48,4 м/смену, разбуривания - 28,5м/смену.

Машина БГА -2 бурит скважину по углю Ø390- Ø500мм, разбуривает - Ø850мм, длина скважины 60-100 м.

2. Проведение скатов.

Скаты в шахтах предназначены для спуска угля и породы под действием собственного веса. Их проводят по пластам с углом падения более 30°. При недостаточной мощности пласта проведение осуществляется с подрывкой кровли.

Скаты могут сооружаться отбойными молотками, буровзрывным способом или бурением. Форму поперечного сечения скатов при проведении их буровзрывным способом или отбойными молотками без подрывки принимают прямоугольную, при подрывке породы — прямоугольную или трапециевидную. Если скат проходят бурением на полное сечение, форма поперечного сечения получается круглой. Ширину скатов при трапециевидной и прямоугольной форме поперечного сечения принимают равной 2...2,5 м. Поскольку скаты имеют незначительный срок службы, их крепят деревом. Крепежные рамы устанавливают вразбежку, по

длине ската через каждые 3...5 м ставят опорные крепежные рамы. Скаты круглого сечения, как правило, не крепят.

Площадь сечения ската делят на два отделения: одно для спуска угля или породы, второе — для передвижения людей. Иногда предусматривают два отделения для спуска угля (двух сортов) или угля и породы. Отделения для спуска угля (породы) обшивают досками со всех сторон. При углах наклона до 40° для уменьшения трения после обшивки досками подошву ската дополнительно обивают стальными листами либо устанавливают металлические желоба. Со стороны ходового отделения через каждые 5 м устраивают смотровые окна размером 20x20 см. Ходовые отделения предназначены для передвижения людей во время ремонта и пропуска застрявшего угля или породы.

Распространена следующая технологическая схема проведения скатов:

1) бурение по углю с нижнего штрека до верхней скважины диаметром 250...400 мм, что обеспечивает проветривание забоя и свободное удаление метана на вентиляционный горизонт в общую исходящую струю. Передовую скважину бурят в пределах сечения будущего ската установками подземного бурения, например ЛБС-4, БГА, Б-68, БДМ и др.;

2) расширение передовой скважины до проектных размеров ската снизу вверх или сверху вниз со спуском горной массы по скважине под действием собственного веса к штреку и погрузкой через люк в вагонетки. Выемку угля производят отбойными молотками или буровзрывным способом.

Эта схема весьма эффективна и безопасна при проведении скатов в газовых шахтах и по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа. Также отпадает необходимость водоотлива и погрузки горной массы.

Шпур бурят телескопными бурильными машинами с деревянных переносных полков, которые укладывают на стойки крепи. Перед взрыванием зарядов ходовое отделение перекрывают щитом. Но этот способ имеет недостатки: трудность доставки крепежных материалов к забою и необходимость передвижения людей по ходовому отделению.

В настоящее время широкое применение получил **буровой способ** сооружения скатов. Для бурения скважин длиной до 100 м и диаметром 1000 мм по породе с коэффициентом крепости f до 10 с углом наклона 40...90° применяют буросблочную установку «Стрела-77» (рис.15.2) конструкции Донгипроуглемаша. В большинстве случаев скважины такого диаметра могут быть использованы как скаты без дополнительного их расширения.

Машина устанавливается в выработке площадью поперечного сечения в свету более 7,1 м². Она управляется с расстояния 20 м от места ведения буровых работ. Вначале бурят направляющую скважину диаметром 190 мм, потом ее расширяют снизу вверх до диаметра, равного 1 м. Скорость бурения 1,7...2,7 м/ч.

Использование буровых установок для проведения скатов создает безопасные условия труда, увеличивает скорость их проведения в несколько раз по сравнению с буровзрывным способом и повышает производительность труда при полной механизации работ.

Кроме буровых установок, для механизированного проведения скатов применяют нарезные комбайны. Так, комбайном 2КНП можно проходить восстающие выработки длиной до 150 м по углю на крутых (45-80°) пластах мощностью 0,6...1,3 м.

Размеры выработки при проходке снизу вверх и после расширения сверху вниз составляют, соответственно, по ширине 0,9 и 1,6 м, по высоте – 0,5 и 1,2 м. Производительность комбайна при проходке снизу вверх до 30 м/смену, при расширении сверху вниз и креплении — до 20 м/смену. Привод комбайна пневматический. Управление — дистанционное, что позволяет применить его и на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

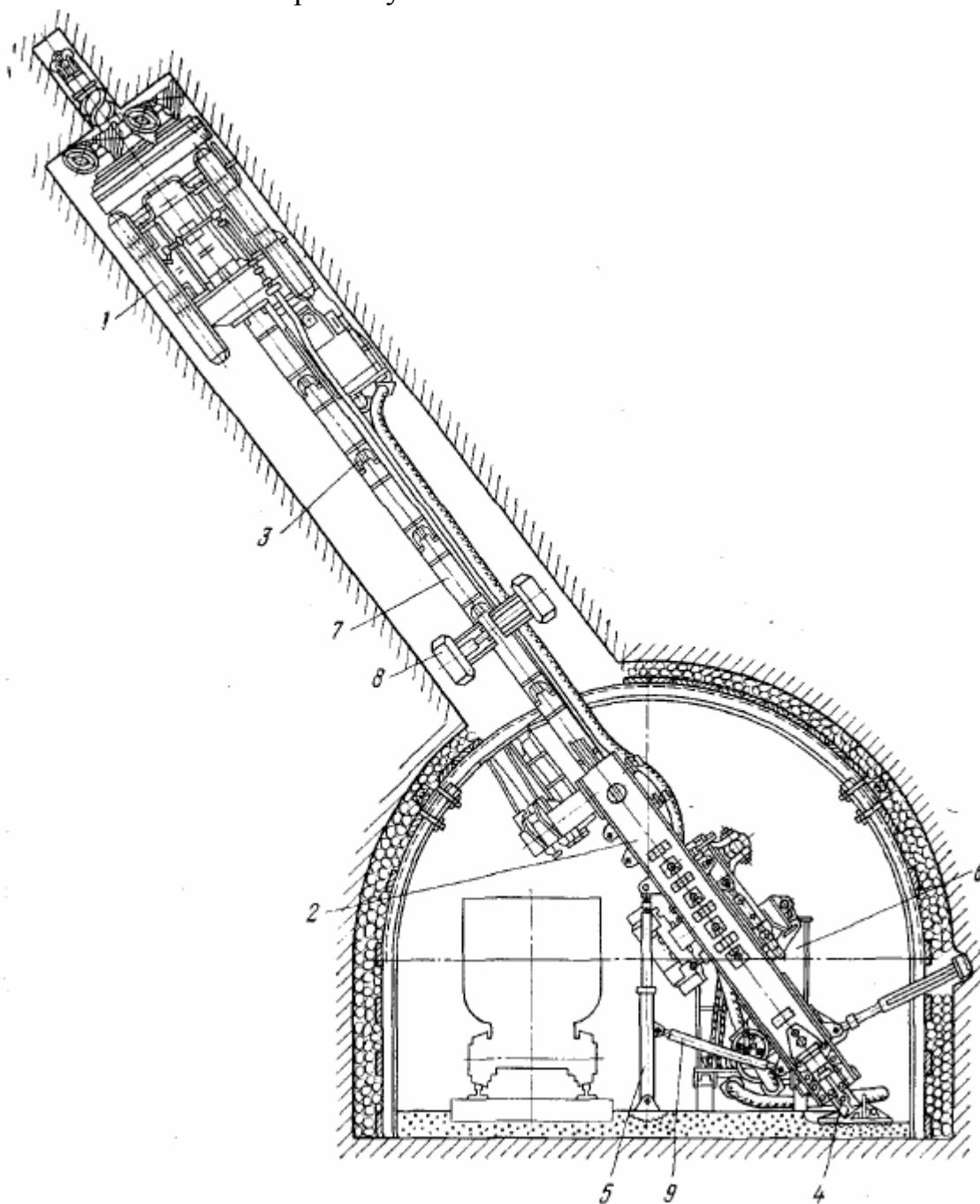


Рис.15.2. Буровая машина «Стрела-77»:

1 - буровой снаряд; 2 - механизм подачи; 3 - став подачи; 4 - тележка монорельса; 5 - поддерживающий домкрат; 6 - маслостанция; 7 - подающие штанги; 8 - опорные фонари; 9 - осевая стяжка

3. Проведение восстающих.

Восстающие — это выработки, аналогичные скатам, но строят их при разработке рудных месторождений. В отличие от скатов их обычно проводят в крепких породах магматического и метаморфического происхождения, Основное назначение восстающих — спуск руды с верхнего горизонта под действием собственного веса. Также они служат для вентиляции, передвижения людей, доставки материалов и оборудования в очистные забои, подготовки блоков к выемке, прокладки тру-бопроводов и электрокабелей. Угол наклона их к горизонтальной плоскости должен быть как минимум 60° и более.

Восстающие выработки обычно проходят с нижнего горизонта на верхний. Саму выработку несколько смещают по отношению к верхнему и нижнему штрекам, с тем чтобы у нижнего штрека устроить люковый затвор для выпуска руды и загрузки вагонеток, а по верхнему обеспечить безопасность движения, перекрыв восстающий лядой или решеткой.

Форма сечения восстающих может быть: **прямоугольной** с соотношением сторон от 1 : 1,5 до 1 : 2,5; **квадратной** с длиной стороны 1,5... 1,4 м; **круглой**.

Восстающие обычно делят на **три отделения**: 1) для спуска руды, 2) лестничное (ходовое), 3) для доставки материалов и инструмента. Восстающие с одним отделением называются **рудоспусками**.

Размеры поперечного сечения выработки зависят от количества отделений, размеров наиболее крупных кусков полезного ископаемого, количества пропускаемого воздуха, требуемых поперечных размеров лестничного отделения и зазоров. Площадь сечения восстающих в свету в зависимости от их назначения и количества отделений на практике колеблется в пределах 4,8...8 м².

Восстающие в зависимости от назначения, срока службы и устойчивости пород **крепят** деревом, анкерами с металлической сеткой, а иногда бетоном или железобетоном. В крепких породах стенки восстающего не крепят, но устанавливают распорные расстрелы с образованием отделений.

При сроке службы до 3...4 лет восстающие крепят деревянной крепью, конструкция которой выбирается в зависимости от устойчивости боковых пород. Анкерную крепь с металлической сеткой применяют в устойчивых и средней устойчивости породах. Бетонная и железобетонная крепь применяется в восстающих, имеющих большой срок службы. При всех видах крепи лестничное отделение отшивают от остальных отделений досками или металлической сеткой.

В настоящее время применяют два основных способа проведения восстающих:

- **буровзрывной** и
- **бурением на полное сечение**.

Каждый из этих способов имеет несколько разновидностей, отличающихся технологией производства работ и применяемым оборудованием.

При проведении восстающих буровзрывным способом с применением временных переносных полков перед началом проходки в выработке откаточного го-

ризонта проходят нишу, из которой производят их рассечку, то есть проводят 6...8 м выработки без отделений и устанавливают венцовую деревянную крепь. Затем восстающий делят на отделения, устраивают люк с затвором в породной части и продолжают его проведение. Для получения мелкодробленой породы, а также с учетом ограниченного сечения восстающих глубина шпуров принимается равной 1,6...2,2 м, их количество устанавливают в зависимости от крепости пород из расчета 2,8...3,5 на 1 м² площади забоя. Вруб выбирают и располагают таким образом, чтобы отбитая порода направлялась в породное отделение. Шпуры бурят телескопными перфораторами с полков, размещенных на венцах крепи на расстоянии 1,7...1,9 м от забоя. После окончания бурения заряжают шпуры, разбирают временные полки и убирают лестницы. Электрическое взрывание зарядов в шпурах производят с откаточного горизонта.

Перед взрывом лестничное и подъемное отделения перекрывают щитом. Взорванную породу спускают под действием собственного веса по породному отделению или по всему восстающему. С целью предотвращения повреждения крепи кусками падающей породы породное отделение заполняется породой на всю длину и при погрузке выпускается только ее излишек. Породу грузят через затвор люка или погрузочной машиной с почвы штрека в вагонетки. После окончания погрузки снова устанавливают в рудоспуске лестницы, устраивают полку, бурят шпуры и т. д. Схема проведения восстающего с тремя отделениями показана на рис. 15.3,а.

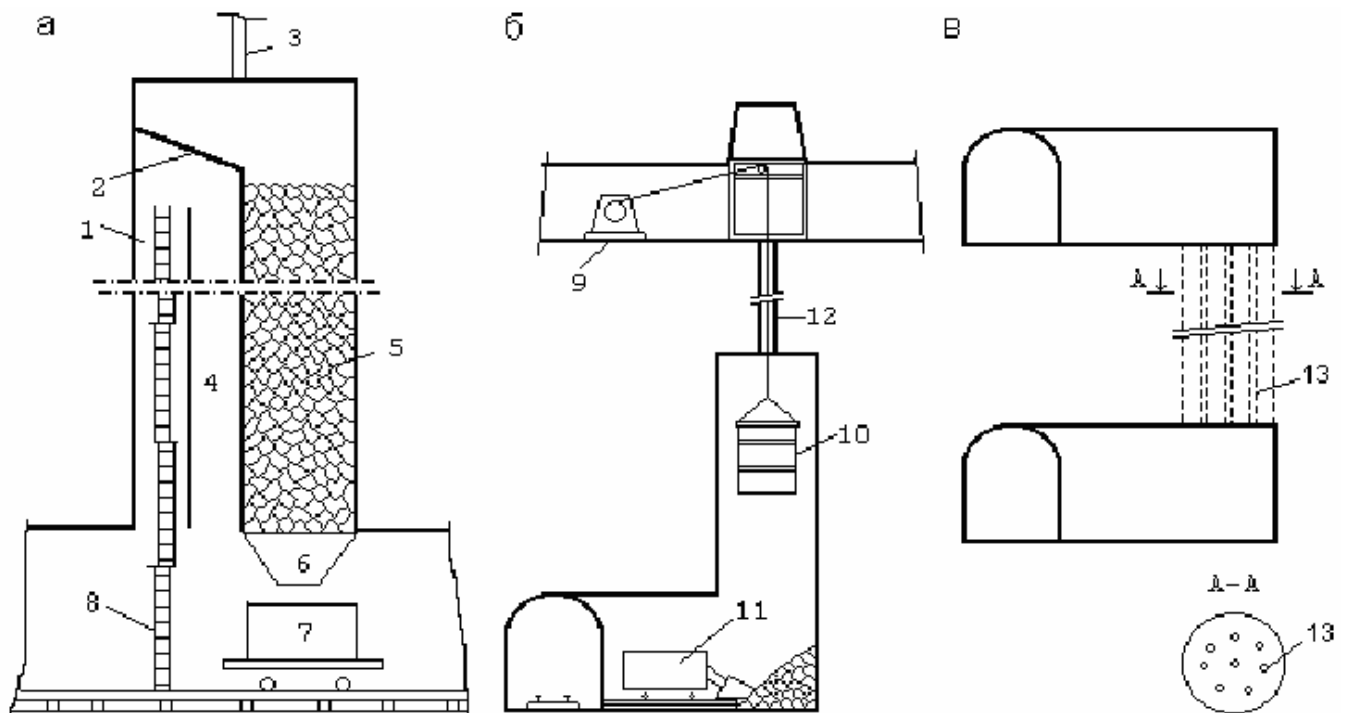


Рисунок 15.3. Схемы проведения восстающих буровзрывным способом:

а – с применением коротких шпуров; б – с применением подвесной клетки;

в – с отбойкой породы глубокими взрывными скважинами

1 - лестничное отделение; 2 - отбойный полук; 3 - вентиляционная скважина; 4 - подъемное отделение; 5 - породное отделение; 6 - погрузочный люк; 7 - вагонетка; 9 - подъемная лебедка; 10 - клеть; 11 - погрузочная машина; 12 - скважина для пропуска каната; 13 - скважины.

Материалы и оборудование доставляют в забой в специальных контейнерах лебедкой, установленной на штреке. В забое восстающего для пропуска каната

устанавливают переносной блочек, а на штреке — направляющий. Для передвижения людей оборудуется лестничное отделение. Тупиковый забой восстающего проветривают вентилятором, установленным на свежей струе. Для улучшения проветривания целесообразно до проходки на всю длину восстающего пробурить скважину станками НКР-100м, БГА-100. В зависимости от устойчивости боковых пород постоянную крепь возводят последовательно, с выемкой породы после каждого взрывания шпуров или звеньями высотой 5...12 м.

В смену на проходке восстающего работают 3—4 проходчика. Лучшей организацией работ считается та, при которой цикл выполняется в течение смены.

Оценивая рассмотренный мелкошпуровой способ проведения восстающих с применением переносных полков, следует отметить, что он несовершенен, трудоемок и его применение в настоящее время может быть рекомендовано в редких случаях: при восстающих небольшой высоты (до 40 м), незначительных объемах их проведения на руднике, когда отсутствует другое высокопроизводительное оборудование или использование его нерационально.

При проведении вертикальных восстающих в крепких породах, не требующих крепления, в качестве полка может быть использована подвесная клеть (рис. 15.3, б). Для этого с верхнего горизонта в центре будущей выработки предварительно бурят вертикальную скважину диаметром 100...150 мм. Через нее пропускают канат, один конец которого закрепляют на барабане подъемной лебедки, устанавливаемой на верхнем горизонте, а на другом — подвешивают клеть. Клеть перекрывают створчатой откидной крышкой, защищающей рабочих от падающих кусков породы при подъеме и разборке забоя. Бурение шпуров производится с полка, расположенного на крыше подвесной клетки.

Устойчивое положение клетки обеспечивается: во время бурения — распорной пневмоколонкой, во время спуска и подъема — отрезками старых канатов, скользящими по стенке выработки.

После зарядания шпуров и спуска взрывника клеть ставят на салазки и перемещают лебедкой в горизонтальную выработку, подъемный канат поднимают в скважину и производят взрывание зарядов. Отбитая порода под действием собственного веса падает в выработку нижнего горизонта, откуда убирается погрузочной машиной. Для проветривания используют вентилятор, который отсасывает загрязненный воздух из скважины. По этой схеме выработки проходят со скоростью 120 м/мес и больше.

Известна также схема проходки восстающих в крепких породах с помощью взрывных скважин, пробуренных на всю высоту выработки (рис. 15.3, в). Скважины бурят станками ЗИФ-150, ЗИФ-300, НКР-100М, Центральная скважина — врубовая, ее не заряжают, остальные заряжают и взрывают заходками длиной 3...10 м в восходящем порядке. Конструкция заряда в скважинах — рассредоточенная, с длиной зарядов 1,2...1,6 м и интервалом между ними 0,5...0,7 м, который фиксируется деревянными стержнями. Скважины заряжают на всю длину, и заряды в ней взрывают с замедлениями в восходящем порядке. Взорванная порода падает на почву горизонтальной откаточной выработки и грузится машинами в вагонетки.

Наиболее эффективна проходка восстающих буровзрывным способом *с применением комплексов* и использованием самоходных полков. В настоящее время в странах СНГ на рудниках широко применяют проходческие комплексы типа КПВ конструкции НИПИГормаш, основные технические данные которых следующие: высота проведения – 120 м; площадь поперечного сечения выработки – 3...8 м²; угол наклона выработки – 60...90°; грузоподъемность полка – 600 кг; скорость перемещения полка – 18м/мин; тип двигателя – пневматический.

Комплекс КПВ (рис. 15.4) состоит из самоходного полка с кабиной, движущегося по монорельсу. В монорельс вмонтированы три трубы, по которым в забой подается сжатый воздух и вода. Секции монорельса крепят к висячему боку восстающего металлическими анкерами.

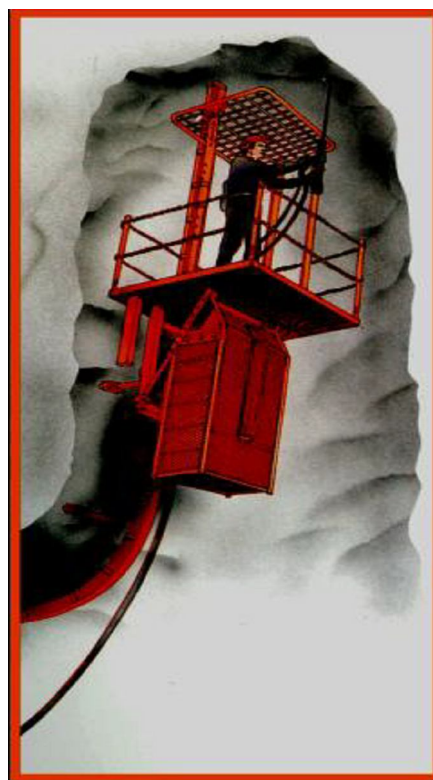
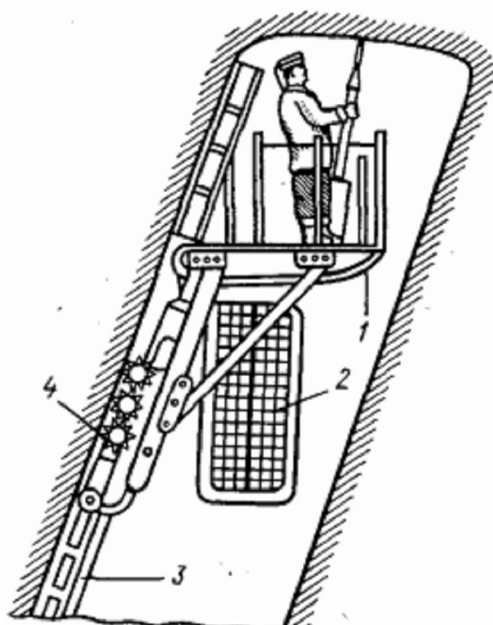


Рис. 15.4. Схема проведения восстающего комплексом КПВ:

1 – самоходный полк; 2 – кабина; 3 – монорельс; 4 – червячный редуктор.

Подъем и спуск полка осуществляются пневмодвигателем, который монтируется на раме полка. Вращение от двигателя передается через червячный редуктор трем звездочкам, зубья которых входят в зацепление с рейкой монорельса. Перед взрыванием полк убирается в камеру, для чего он опускается на нижнюю секцию, которая с монорельсом соединена шарнирно и вместе с ней отклоняется в камеру лебедкой.

Проведение восстающего начинают с подготовки камеры длиной не менее 6 м и высотой 2,7 м. Первые несколько метров восстающего, необходимые для монтажа комплекса, проходят обычным мелкошпуровым способом. Затем бурят скважины глубиной 1,5 м и устанавливают цанговые анкеры, к которым крепят став монорельсов. В камеру доставляют по частям комплекс КПВ и производят его монтаж. Кабина загружается бурильными машинами, комплектами буров, после чего поднимается в забой. Проходчики через люк выходят на рабочую платформу полка, раскрывают предохранительные площадки (открылки), платформу

дополнительно закрепляют цепью за став монорельса, обирают забой и приступают к бурению шпуров. Шпуры располагают обычно с боковым врубом, что лучше предохраняет монорельс от повреждения. Закончив бурение, комплекс опускают на нижний горизонт, где взрывник с одним из проходчиков загружают кабину взрывчатыми материалами и поднимаются в ней к забою для заряжания шпуров. После окончания заряжания шпуров комплекс снова опускают на нижний горизонт и заводят в камеру.

Взрывание шпуров электрическое. Отбитая порода падает на нижний горизонт, где производится ее погрузка скреперной установкой или погрузочной машиной. Проветривание забоя после взрывных работ осуществляется водовоздушной смесью, которую подают через туманообразователь распределительной головки монорельса. Для сокращения времени на проветривание целесообразно до проходки осуществить бурение скважины в сечении восстающего и установку на верхнем горизонте всасывающего вентилятора.

После проветривания забоя на рабочую платформу полка грузят 1,5 м секции монорельса, анкеры и полок поднимается в забой для наращивания монорельса.

В трещиноватых породах, склонных к обрушению, комплексом КПВ проводят выработки с возведением сплошной венцовой крепи.

В настоящее время буровзрывной способ проходки восстающих с использованием комплексов **КПВ является основным**. С применением его достигнуты значительные средние скорости проходки 115...125 м/мес, что в 4...5 раз выше скорости проведения восстающих по обычной схеме. Кроме того, с применением комплексов в 2...3 раза возрастает производительность труда, в 1,5...2 раза снижается стоимость работ.

В зарубежной практике для проходки восстающих буровзрывным способом также широко применяются комплексы. Конструкции их аналогичны отечественным, но двигатель в большинстве комплексов электрический, что позволяет применять их при проходке восстающих большой высоты, т.к. отпадает необходимость в тяжелых шлангах сжатого воздуха. Наиболее широкое распространение получили комплексы фирмы «Алимак» (Швеция) – законодателя данной технологии. Последние модели комплексов этой фирмы имеют дизель-гидравлический привод, что позволяет применять их в выработках значительной длины (до 980м).

Наиболее перспективным по сравнению с буровзрывным способом проходки в соответствии с требованиями времени к условиям труда и производительности оборудования является **бурение восстающих**. Комбайновый способ проходки этого вида выработок получил за последние годы широкое распространение в горнорудной промышленности стран СНГ и за рубежом.

Для проходки восстающих выработок в рудниках как с нижнего горизонта на верхний, так и с верхнего на нижний в России разработаны **комбайны 1КВ1 и 2КВ**, которые позволяют бурить выработки диаметром 1,5м на высоту до 100м в породах крепостью $f \leq 10$.

За рубежом бурение восстающих широко применяется для использования их в качестве вентиляционных и вспомогательных стволов, рудоспусков, турбинных водоводов при строительстве ГЭС и др.

Основными изготовителями комбайнов для бурения восстающих на полное сечение являются фирмы: «Robbins», «Ингерсол Ренд», «Дрессер», «Джарва», «Кенметалл» (США), «Вирт» и «Турмаг» (ФРГ), «Sandvik» и «Atlas Copco» (Швеция); «Кокен» и «Дова Майнинг» (Япония).

В странах СНГ и за рубежом применяют два способа проходки восстающих бурением (рис.15.5):

1. Проходку производят в два этапа — сначала бурят снизу вверх или сверху вниз опережающую скважину диаметром 200—350 мм на всю длину восстающего. Затем производят расширение скважины, как правило, в обратном направлении (рис.15.5, 1,2,3,5,6).

2. Бурение производят снизу вверх сразу на полное сечение выработки (рис.15.5, 4).

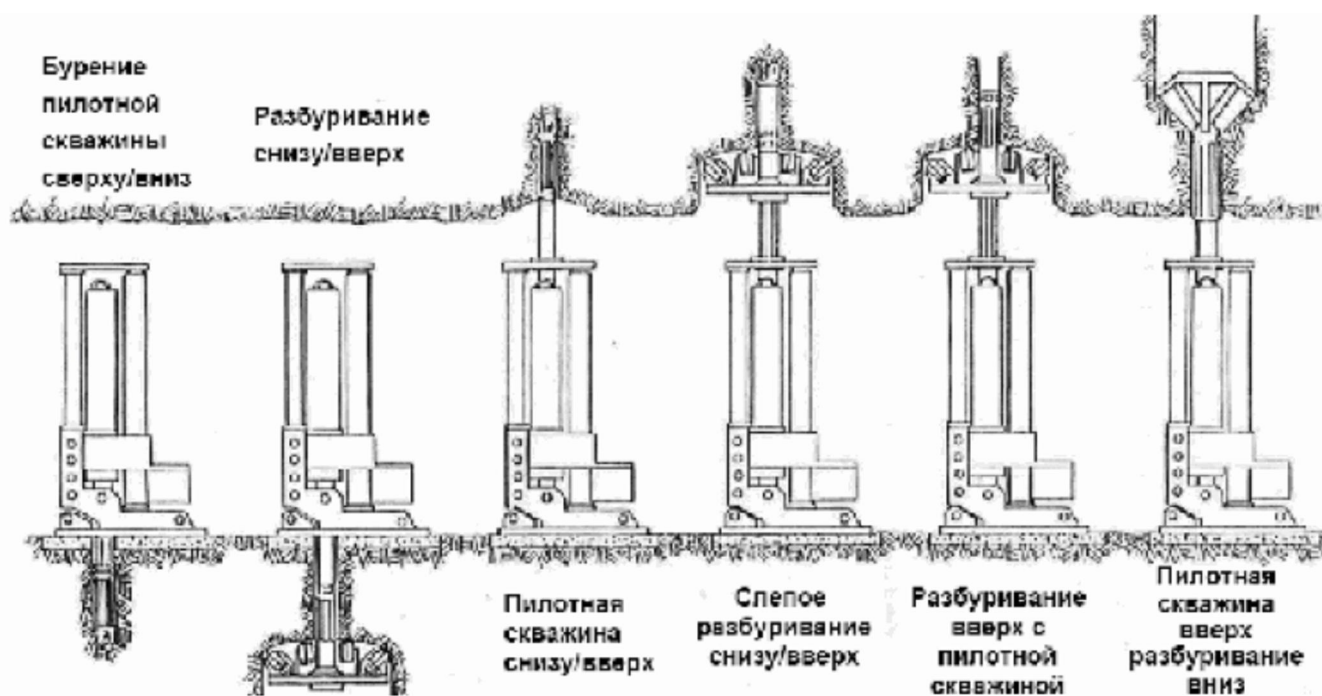


Рис.15.5. Способы проходки восстающих бурением.

Преимущества способа бурения восстающих по сравнению с буровзрывной технологией:

- увеличиваются скорость проходки и производительность труда, уменьшается численность проходческой бригады, снижается стоимость проведения 1 м выработки;
- при бурении достигается *ровная поверхность стенок выработки*, что наиболее благоприятно для транспортирования по ней руды, породы и закладочного материала. При использовании восстающего для целей вентиляции создается меньшее сопротивление воздушной струе по сравнению с выработками,

пройденными буровзрывным способом. Выработки обладают бóльшей устойчивостью благодаря гладкой поверхности стен и в большинстве случаев не требуют крепи;

- обеспечение надлежащей безопасности работ и значительное улучшение условий труда, так как проходчики выводятся из забоя, освобождаются от тяжелого физического труда и не подвергаются воздействию шума, вибрации и запыленности.

Тема. **Специальные способы строительства выработок:
общие сведения, способ замораживания.**

1. Задачи специальных способов строительства выработок.

Неснижаемые потребности промышленности в минеральном сырье сопровождаются вовлечением в эксплуатацию месторождений со сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями, характеризующимися большой глубиной горных работ, наличием газоносных пластов, а также мощных слабоустойчивых пород с высокой водообильностью, нередко с напорными, термальными и минерализованными подземными водами. К таким месторождениям полезных ископаемых относятся многие угольные месторождения Донбасса, Восточной и Западной Сибири, калийные месторождения Соликамска и Солигорска, многие железорудные месторождения и другие. Сложные горно-геологические условия являются в большинстве случаев типичными и при сооружении подземных объектов в транспортном, гидротехническом и городском строительстве (около четверти всего объема приходится на неблагоприятные условия).

Степень сложности условий при сооружении выработок в основном определяется двумя факторами:

- 1) устойчивостью горных пород при обнажении;
- 2) водообильностью горных пород.

Устойчивость породного обнажения при сооружении горных выработок в значительной степени влияет на продолжительность, трудоёмкость, стоимость и качество выполняемых работ. До прохождения выработки или во время его необходимы дополнительные мероприятия по приданию устойчивости породам или по их удержанию от обрушения. Наиболее сложные условия наблюдаются в рыхлых, слабоустойчивых водоносных породах типа пльвунов и мягких пластичных глинах, в которых невозможно осуществить обнажение массива даже на незначительной площади (породы оплывают в рабочее пространство выработки). Водопритоки при строительстве и эксплуатации горных выработок в значительной степени **отрицательно влияют** на сроки и стоимость выполнения работ в силу следующих причин:

- 1) затраты времени и средств на отвод (откачку) подземных вод из забоя выработки;
- 2) создание неблагоприятных санитарно-гигиенических условий, способствующих возникновению среди работающих простудных заболеваний;
- 3) трудности при эксплуатации обводнённых горных выработок.

Например: Эксплуатация обводнённых стволов затруднена из-за обмерзания в зимнее время и сильного увлажнения подаваемого в шахту воздуха; необходимы значительные затраты на откачку воды, поступающей в шахту во всё время

её эксплуатации, а также дополнительные средства на обработку полезного ископаемого в связи с его увлажнением при подъёме по обводнённому стволу и т.п.

Сооружение вертикальных стволов, как правило, всегда сопровождается водопритоками вследствие пересечения обводнённых горных пород (редкие стволы проходятся без притока воды). При притоках воды в забой ствола порядка 80...100 м³/час средняя скорость проходки не превышает 7...8 м/мес., а стоимость сооружения ствола возрастает в 4...5 раз. Даже при сравнительно небольших притоках воды около 20 м³/час стоимость сооружения 1м ствола возрастает на 30%, существенно сокращается производительность труда проходчиков.

Сложные горно-геологические и гидро-геологические условия помимо вертикальных стволов зачастую сопровождают сооружение и эксплуатацию горизонтальных и наклонных горных выработок шахт и рудников, а также транспортных и коллекторных тоннелей.

ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА специальных способов строительства:

- решение инженерных вопросов, обеспечивающих:

- 1) повышение устойчивости слабых, рыхлых пород;**
- 2) повышение непроницаемости скальных трещиноватых, но сильно водоносных или газоносных пород.**

2. Характеристика неустойчивых, водоносных пород, подземных вод.

В практике проходки горных выработок с поверхности земли все пересекаемые горные породы условно делят на две категории:

- 1) наносы и
- 2) коренные породы.

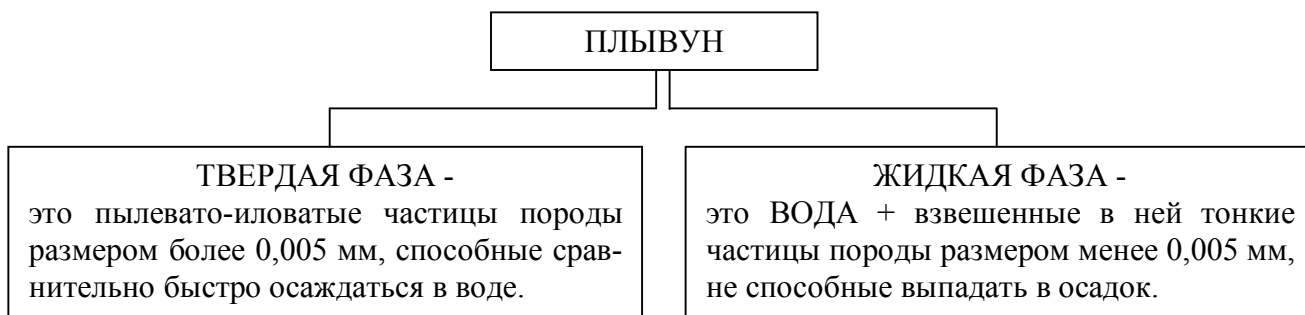
НАНОСАМИ называют толщу неустойчивых осадочных пород, покрывающих коренные (обычно крепкие) горные породы. Наносы залегают несогласно с коренными породами и наиболее часто - горизонтально. Наносы в одних случаях совсем не содержат воды, в других - они обильно насыщены водой. Мощность наносов-3...40м (иногда до 150...200 м). Наносы обычно представлены глинами, суглинками, песками и гравийно-галечниковыми отложениями (речниками). Последние обычно залегают непосредственно на коренных породах и почти всегда содержат большое количество воды. Наносы из-за своей обводнённости и неустойчивости вызывают большие трудности при проходке шахтных стволов. Кроме того, в наносах может находиться крайне неустойчивая субстанция – пльвун.

ПЛЫВУН - это тонкозернистая несвязная порода, обильно насыщенная водой. По своей структуре представляет собой двухфазную систему.

Обычно пльвун представлен обводнённым очень мелким песком или илом.

Каждая взвешенная частица породы покрыта оболочкой плёночной (связанной) воды. Кроме того, плотность жидкой фазы пльвуна в 1,5раза выше, чем плотность чистой воды. Вследствие этого взвешивающее воздействие жидкой фа-

зы больше, чем взвешивающее воздействие воды. Эти два фактора уменьшают силы трения между частицами породы, а устойчивость всей двухфазной системы пльвуна значительно ниже по сравнению с системой, представленной твёрдыми частицами и чистой водой. А при появлении напора (выемке породы) двухфазная система теряет устойчивость и приходит в движение.



Необходимо отметить, что из всех неустойчивых пород наибольшие трудности при проведении горных выработок представляет именно пльвун. Он способен проникать через малейшие щели и зазоры в крепи и заполнять пройденную часть выработки. Замечено, что чем больше содержат пльвуны воды, тем меньше будет их устойчивость. При этом неустойчивость пльвучих пород является более серьёзным препятствием для проведения и крепления горных выработок, чем борьба с водой, содержащейся в них. В пльвунах притоки воды обычно не превышают $3\text{ м}^3/\text{час}$. Отличительное свойство пльвуна от других неустойчивых водоносных пород - плохая отдача воды. Вода, заключённая в пльвуне, действует как смазка, преобразующая породу в движущийся материал, свойства которого приближаются к свойствам жидкости.

Несколько подробнее рассмотрим подземные воды.

Как и любая вода, подземная может находиться в одном из трёх агрегатных состояний: ЖИДКОМ, ТВЁРДОМ и ГАЗООБРАЗНОМ. В зависимости от характера связи воды с окружающими породами и от агрегатного состояния все подземные воды делятся на три класса:



Гравитационная вода подчиняется законам гравитации. Сложные условия при прохождении выработок создают свободная и плёночная вода.

Свободная вода характеризуется притоком, скоростью, напором, химическим составом, кислотностью, агрессивностью, температурой и прочими характеристиками.

Плёночная вода не подчиняется законам гравитации, а подчиняется физико-химическим законам. Удерживается на поверхности породных частиц силами мо-

лекулярного притяжения. Имеет отличные от обычной воды свойства: например, температура замерзания -78 градусов С. Находится в плывуне, обволакивая частицы его твёрдой фазы.

В зависимости от ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ все горные породы разделяются на две большие группы:

- 1) водоупоры (водонепроницаемые) и
- 2) водоносные.

К ВОДОУПОРАМ относятся глины, твёрдые суглинки, плотные мергели, мел, а также плотные нетрещиноватые породы изверженного, метаморфического и осадочного происхождения. К водоупорам можно отнести и такое искусственное образование как замороженные породы.

К ВОДОНОСНЫМ породам относятся изверженные (гранит, диабаз, доломит, диорит, порфир и др.), метаморфические (кварцит, гипс, сланец и др.), осадочные (известняк, песчаник, трещиноватые мергель, мел) и несвязанные породы.

ВОДОНОСНОСТЬ крепких горных пород характеризуется их пористостью и трещиноватостью. Чем выше пористость и трещиноватость, тем больше пустот в породе, заполненных водой, тем выше водоносность пород. Часто встречающиеся водоносные породы, расположенные в порядке убывания степени их водоносности: галечник, песок, песчаник, известняк, гранит, базальт.

3. Классификация специальных способов строительства выработок. Технико-экономические показатели их применения.

При любом специальном способе строительства горных выработок предполагается выполнение дополнительных специальных мероприятий, которые осуществляются заблаговременно, до начала горнопроходческих работ. В зависимости от характера воздействия на водоносные неустойчивые породы, времени действия мероприятий, а также типа оборудования, применяемого для выполнения работ, все специальные способы могут быть разделены на три большие группы:

1. **ПАССИВНЫЕ** характеризуются тем, что они не влияют на физико-химическое состояние породного массива. Общая сущность этих способов заключается в том, что до начала горнопроходческих работ по неустойчивым водоносным породам будущая горная выработка отделяется (ограждается) временной или постоянной крепью от окружающего массива, а под защитой этого ограждения выполняется выемка породы, т.е. крепление предшествует выемке породы. Иногда пассивные способы называют применением ограждающих крепей. Сюда относятся:

- 1) шпунтовое ограждение (деревянное и металлическое);
- 2) "стена в грунте" (ж/б ограждение);
- 3) опускная крепь.

2. **АКТИВНЫЕ** характеризуются тем, что они временно или постоянно воздействуют на физико-химическое состояние породного массива. Общая сущность этих способов заключается в том, что до начала горнопроходческих работ

по слабым, рыхлым либо скальным, но сильно водоносным породам в породном массиве сооружается изоляционная завеса, под защитой которой ведутся выемка породы и возведение постоянной крепи. Сюда относятся:

- | | |
|--|---|
| 1) кессонный способ (под сжатым воздухом); | } временное
воздействие
на массив |
| 2) способ водопонижения; | |
| 3) замораживание горных пород; | |
| 4) струйная цементация; | } постоянное воздействие
на массив |
| 5) тампонирувание горных пород. | |

3. **БУРЕНИЕ** стволов и скважин большого диаметра. Сущность способа - все работы по выемке породы и креплению стен выработки ведутся с поверхности земли.

Стоимость применения специальных способов строительства в 2...3 раза выше, а скорость сооружения выработок в 2..3 раза ниже, чем при обычном способе проходки. Например, нормативная скорость проходки вертикальных стволов в обычных условиях – 55 м/мес., а по замороженным породам – 25 м/мес.

Высокая стоимость специальных способов объясняется большими затратами труда, электроэнергии, применением дорогостоящих оборудования и материалов, привлечением более квалифицированных кадров и другими факторами (самый дорогой способ - искусственное замораживание водоносных горных пород). Сравнительные усреднённые стоимости проходки 1 м вертикального ствола для разных способов:

- в обычных условиях - 5...7 тыс. \$;
- с применением тампонирувания - 10...15 тыс. \$;
- с применением замораживания - 30...50 тыс. \$ и больше.

В настоящее время самое широкое распространение получили следующие специальные способы:

- 1) *опускная крепь* как наиболее оптимальный в наносах;
- 1) *замораживание* как наиболее универсальный;
- 2) *тампонирувание* как наиболее эффективный в трещиноватых породах;
- 3) *бурение с поверхности* как наиболее механизированный и безопасный.

4. Искусственное замораживание водоносных горных пород.

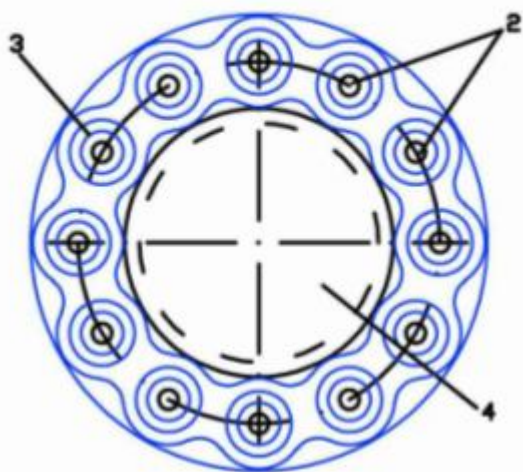
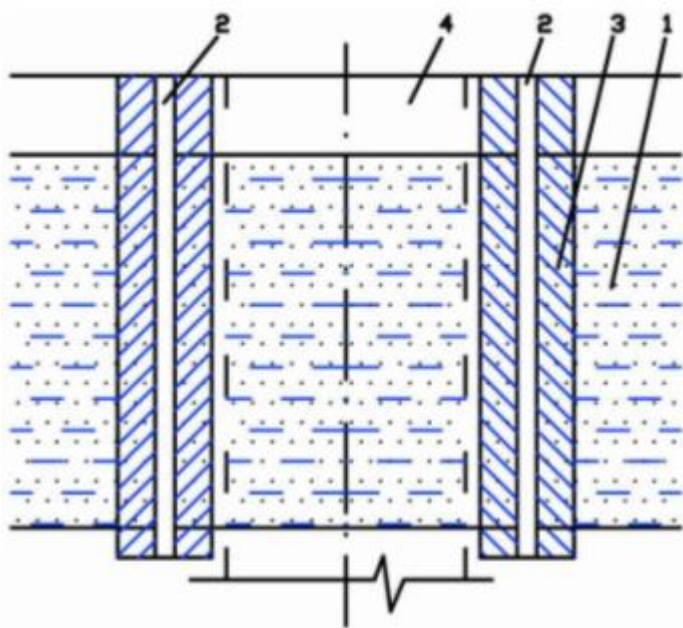
Способ замораживания применяют при строительстве подземных сооружений и горных выработок в слабых, неустойчивых водоносных горных породах. Наличие воды в породах - обязательное условие применения способа.

Замораживание водоносных пород может осуществляться с использованием естественного холода окружающей среды (естественное замораживание) или искусственного холода, производимого специальными холодильными машинами (искусственное замораживание).

Естественное замораживание использовалось ранее (в золото-платиновой промышленности в Сибири в XIX веке при проходке стволов разведочных шахт). Сейчас используется в ограниченном объёме только в северо-восточных районах России при проходке шурфов на золото и устьев вертикальных стволов.

В практике сооружения горных выработок по слабым, рыхлым, плавучим, водоносным породам получило широкое распространение искусственное замораживание.

Сущность способа состоит в том, что в толще водоносных неустойчивых пород по периметру будущей горной выработки создаётся лёдопородное ограждение, которое выполняет роль временной водонепроницаемой крепи, защищающей выработку при проходке от проникновения в неё воды или пльвуна. Под защитой этого ограждения, обеспечивающего безопасные условия производства горнопроходческих работ, производятся выемка породы и возведение постоянной крепи. Лёдопородное ограждение поддерживают в замороженном состоянии до тех пор, пока не будет закончено строительство подземного сооружения. После возведения постоянной крепи и проведения гидроизоляционных работ лёдопородное ограждение ликвидируется (оттаивается) (рис.16.1).



Область применения. Способ искусственного замораживания горных пород является универсальным специальным способом. Его можно применять практически в любых сложных горно- и гидрогеологических условиях с получением хороших результатов.

Замораживание горных пород трудно протекает в случае термических, сильно засоленных подземных вод или быстрых подземных потоков. В этих случаях следует применять глубинное замораживание с $t_{\text{зам.}} = -35-55$ град.

Ограничение. Если скорость подземного потока $V > 80$ м/сутки, то замораживание применить практически нельзя.

Обозначения:

- 1 - водоносные породы;
- 2 - замораживающие скважины;
- 3 - лёдопородное ограждение;
- 4 - проектный контур выработки.

Рис.16.1. Схема искусственного замораживания горных пород.

Недостатки способа:

- 1) значительные первоначальные капитальные затраты;
- 2) сложность выполнения всех видов работ и, как следствие, повышенные требования к квалификации ИТР, рабочих и всего персонала;
- 3) высокая стоимость работ и материалов (особенно постоянной крепи - чугунной тубинговой крепи - 1т стоит 750 \$).

История применения. Способ искусственного замораживания в мировой практике применяют с 1883 года (Швеция - Пётч). В СССР впервые был применён в 1928 году при проходке одного из стволов Соликамского калийного комбината. С тех пор область его применения значительно расширилась.

Данный способ применяют во всех случаях, когда другие специальные способы неэффективны или технически их применить невозможно. Благодаря своей универсальности способ замораживания с успехом применяется при сооружении горных выработок как в трещиноватых, так и в пористых, рыхлых водоносных породах. Замораживание может вестись практически на любые глубины. С его помощью можно замораживать массивы горных пород как ограниченной формы, так и на больших площадях. Учитывая то, что данный способ является наиболее дорогостоящим, всегда следует вначале изыскивать возможность применить другой, более дешёвый специальный способ, если позволяют условия.

Широкое распространение способ замораживания получил и в метростроении (около 100 эскалаторных тоннелей общей протяженностью свыше 5 км построено при помощи замораживания). Также широко распространён в гидротехническом, промышленном строительстве, при сооружении тоннелей различного назначения в неустойчивых породах, подземных ёмкостей для хранения углеводородных газов при постоянном поддержании стенок хранилищ в замороженном состоянии и в некоторых других областях строительства.

Способ замораживания горных пород является одним из ведущих специальных способов и в МИРОВОЙ практике. Большое распространение он получил в Польше, Германии, Канаде, Великобритании, Румынии, Японии и других странах.

Такое широкое распространение способа искусственного замораживания горных пород обусловлено тем, что он довольно хорошо развит в техническом отношении. Под этот способ создано мощное буровое оборудование, высокопроизводительные замораживающие станции. Способ замораживания имеет и хорошую научную базу. Проведены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования по изучению нестационарных процессов теплообмена в массиве горных пород, замораживающих колонках, холодильном оборудовании. Накоплены солидные данные по теплотехническим и механическим свойствам замороженных пород, разработаны точные и инженерные методы расчета, проектирования лёдопородных ограждений и холодильного оборудования.

Краткое описание способа. До начала горнопроходческих работ по контуру будущей горной выработки через каждые 0,8-2,0 м параллельно оси выработки бурят скважины и оборудуют их замораживающими колонками (металлическими герметичными трубами) (рис.16.1). Через замораживающие колонки с помощью насосов прокачивают так называемый ХЛАДОНОСИТЕЛЬ, охлаждённый на специальной замораживающей станции до отрицательных температур (-20-40° С). В результате постоянной циркуляции хладонносителя в замораживающих колонках и теплообмена горные породы охлаждаются, и вода, находящаяся в них, замерзает.

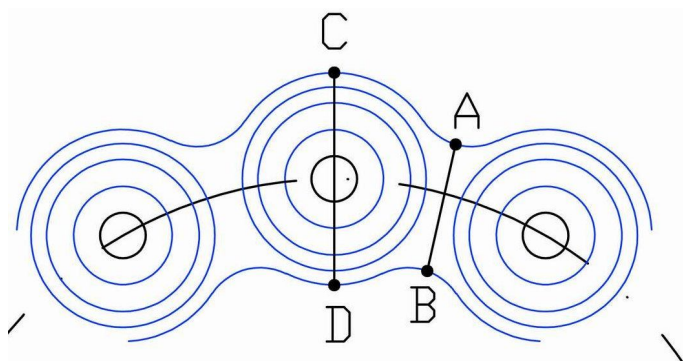


Рис.16.2. Образование ЛПО.

AB – толщина ЛПО в замковой плоскости (E)

CD – толщина ЛПО в главной плоскости

Вокруг замораживающих колонок постепенно образуются цилиндры из замороженной горной породы, которые с течением времени увеличиваются и, наконец, соединяются между собой, образуя сплошное ЛЕДОПОРОДНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ (ЛПО) (кольцеобразный цилиндр) (рис.16.2.). Время, необходимое для образования лёдопородного ограждения, зависит от термофизических свойств горных пород, содержания в них воды, расстояния между замораживающими колонками, производительности замораживающей станции и температуры хладонносителя.

Горные породы в процессе замораживания резко изменяют свои первоначальные физико-механические свойства (прочность, сцепление и т.д.), что позволяет по достижении лёдопородным ограждением проектных размеров и набором им проектной прочности приступить к горнопроходческим работам. Лёдопородное ограждение при этом должно выполнять **следующие функции**:

1. ВРЕМЕННОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КРЕПИ (воспринимать, не разрушаясь, горное давление) и
2. ГЕРМЕТИЧНОЙ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ЗАВЕСЫ (выдерживать гидростатическое давление подземных вод, не фильтруя их сквозь себя).

Эти функции возможно выполнить за счёт определённой толщины лёдопородного цилиндра в замковой плоскости E (рис.16.2.) и за счёт средней температуры замораживания (с понижением температуры прочность ЛПО возрастает).

Работы по сооружению горной выработки с применением замораживания водоносных горных пород состоят из следующих **ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ**:

1. Предварительное геологическое и гидрогеологическое исследование участка замораживания.
2. Составление проекта работ по замораживанию горных пород.
3. Бурение замораживающих скважин.
4. Оборудование скважин замораживающими колонками.

5. Монтаж замораживающей станции и рассольной сети.
6. Образование лёдопородного ограждения расчётных размеров (АКТИВНОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ) с постоянным контролем за процессом замораживания.
7. Поддержание лёдопородного ограждения проектных размеров в замороженном состоянии (ПАССИВНОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ) в течение всего времени производства горнопроходческих работ и возведения постоянной крепи
8. Оттаивание (искусственное или естественное) замороженных горных пород по окончании проходки (проведения) выработки.
9. Ликвидация (погашение) замораживающих скважин с их тампонажом.
10. Демонтаж холодильной установки и рассольной сети.

По плакатам (2 шт.) и фотографиям рассказать о работе замораживающей станции и особенностях горнопроходческих работ по замороженным породам.

Тема. **Специальные способы строительства выработок:
тампонирование горных пород.**

1. Сущность способа тампонирования пород.

Технический прогресс в горном деле выдвинул за последние десятилетия на ведущие позиции среди специальных способов строительства наряду со способом искусственного замораживания также и методы тампонирования горных пород, которые позволяют оперативно, в кратчайшие сроки и параллельно с подготовительным периодом выполнить эффективную защиту выработок от притоков напорных подземных вод.

Сущность способа тампонирования заключается в искусственном заполнении пустот, трещин и пор массива горных пород материалом, способным со временем затвердевать, образуя завесу, и препятствовать тем самым движению по ним подземных вод (рис.17.1).

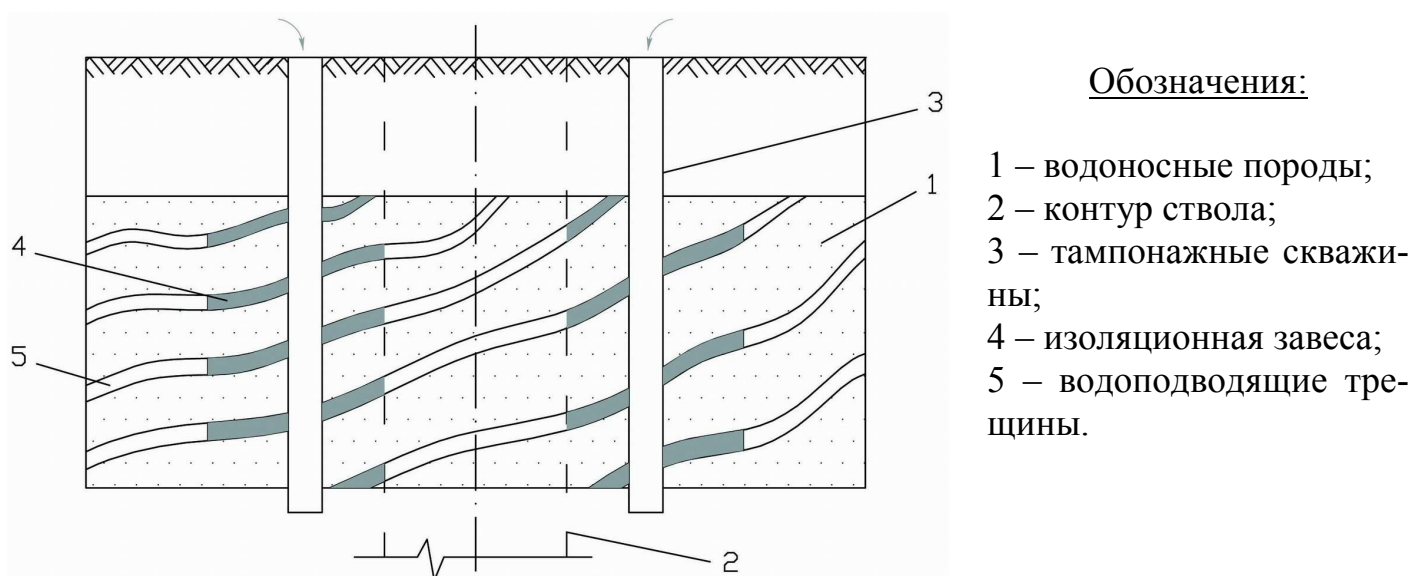


Рис.17.1. Схема тампонирования водоносных пород.

Для этого в массиве горных пород бурят специальные (тампонажные) скважины, через которые нагнетают тампонажный раствор. Давление нагнетания принимают в 2...3 раза больше гидростатического напора подземных вод. Тампонажный раствор, распространяясь на определённое расстояние от скважин, заполняет пустоты и трещины в породах, а после его затвердевания в значительной степени улучшается водонепроницаемость массива горных пород, массив стабилизируется, создаётся водонепроницаемая завеса, что даёт возможность под её защитой в относительно благоприятных, близких к обычным, гидрогеологических условиях выполнять горнопроходческие работы (выемку породы и возведение постоянной крепи) при сооружении подземных горных выработок.

С применением тампонирования горных пород проходят около 60% вертикальных стволов, на которых применяют специальные способы строительства.

По времени производства различают ПЕРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ и ПОСЛЕДУЮЩИЙ тампонаж горных пород.

Предварительный тампонаж осуществляют до начала сооружения выработки с целью создания благоприятных горно-геологических условий как при строительстве, так и при эксплуатации выработки (основной вид).

Последующий тампонаж проводится после завершения строительства горной выработки с целью создания благоприятных горно-геологических условий поддержания выработки на период её эксплуатации. Этот тампонаж применяется в тех случаях, когда после сооружения выработки остаточные притоки воды в неё превышают установленные нормы. При этом также уплотняется крепь, заполняются закрепные пустоты и водоподводящие трещины.

В зависимости от того, какой материал нагнетают в массив горных пород, различают следующие виды тампонирувания:

- 1) **ЦЕМЕНТАЦИЯ**, 2) **ГЛИНИЗАЦИЯ**, 3) **БИТУМИЗАЦИЯ**,
- 4) **СИЛИКАТИЗАЦИЯ**, 5) **СМОЛИЗАЦИЯ**.

Как показывает практика применения тампонирувания в горном деле многих стран, **основным способом активного водоподавления в настоящее время является ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ** обводнённых горных пород. Глубина предварительной цементации с поверхности земли колеблется в широких пределах: в США, Великобритании до 300 м, в Канаде, Германии и Бельгии 700-900 м, в Украине до 1 200 м, в ЮАР около 1 700 м. Предварительную цементацию из забоя обычно выполняют на любой глубине, как того требуют горно-геологические условия.

В целом все виды тампонажа целесообразно применять в скальных трещиноватых породах (песчаники, известняки, песчанистые сланцы, мергели, мел), в несвязных породах (каменная соль, гипс) и других трещиноватых либо крупнопористых водоносных породах изверженного и метаморфического происхождения (в тех породах, *в которых есть водонасыщенные пустоты*).

При оценке целесообразности применения того или иного вида тампонажа учитывают следующие основные факторы: раскрытие трещин, проницаемость горных пород, химический состав, напор и скорость движения подземных вод.

2. Краткая характеристика и область применения различных видов тампонирувания.

Цементация это заполнение трещин и пор массива горных пород цементным раствором, который, затвердевая, уменьшает трещиноватость водоносных пород. Цементацию применяют для: снижения притоков воды или газа при строительстве горных выработок в трещиноватых водоносных или газоносных породах; защиты бетонной крепи от действия агрессивных подземных вод; восстановления разрушенной крепи; усиления (упрочнения) массива горных пород, возведения противодиффузионных завес.

Область применения цементации:

- 1) в крепких скальных трещиноватых горных породах раскрытие тампонируемых трещин должно быть $\delta \geq 0,1$ мм. В зависимости от величины δ применяют цементные растворы различной концентрации;
- 2) скорость движения подземных вод должна быть не более 600 м/сут.

Глинизация состоит в том, что в горные породы вместо цементного раствора нагнетают водный раствор глины.

ДОСТОИНСТВА глинизации:

- 1) для тампонирования пород может быть использована дешёвая местная глина, следовательно этот вид дешевле цементации;
- 2) глинистые растворы способны противостоять действию агрессивных вод, разрушающих даже специальные цементы.

НЕДОСТАТКИ глинизации:

- 1) низкая пластическая прочность глинистого материала, и, как следствие, малая сопротивляемость тампонажного камня внешнему давлению;
- 2) значительное увеличение размеров завесы и расхода глины;
- 3) недолговечность глинистых изоляционных завес;
- 4) ненадёжность тампонирования тонкотрещиноватых горных пород.

При использовании тонкодисперсных глин **область применения** глинизации та же, что и цементации.

Глинизацию целесообразно применять только в карстовых породах или в породах с весьма крупной трещиноватостью, а также при наличии агрессивных по отношению к цементу подземных вод. Применяют глинизацию и там, где нет большого гидростатического напора, например, при формировании водоизоляционных завес в основаниях плотин, дамб и других инженерных сооружений. Технология выполнения комплекса работ по глинизации существенно не отличается от предварительной цементации.

Битумизация осуществляют путём нагнетания разогретого в специальных котлах до $+140-190$ °С нефтяного битума и находящегося за счёт этого в расплавленном состоянии, в скважины, оборудованные электроподогревательными нагнетателями. Попадая в заполненные водой трещины или пустоты, горячий битум в результате остывания отвердевает, что делает массив горных пород водонепроницаемым.

Область применения битумизации:

- 1) при любых скоростях движения подземных вод;
- 2) при высокой агрессивности подземных вод;
- 3) при раскрытии трещин более 0,6 мм;
- 4) при гидростатическом давлении подземных вод не более 0,2 МПа.

ДОСТОИНСТВА битумизации:

- 1) минимальные расходы тампонажного материала;
- 2) стойкость к агрессии подземных вод.

НЕДОСТАТКИ битумизации:

- 1) релаксация (способность течь) затвердевшего битума под действием внешних давлений более 0,3 МПа и выдавливаться из трещин;
- 2) производственные неудобства, связанные с применением расплавленного битума и необходимостью прогрева скважин при нагнетании;
- 3) необходимость проведения нагнетания битума в несколько циклов из-за уменьшения его объёма на 8-11% при охлаждении и твердении;
- 4) ограниченные возможности применения в шахтах, опасных по газу или пыли.

Целесообразно применять битумизацию для тампонирувания закрепного пространства горной выработки с целью надёжной водоизоляции.

Силикатизация заключается в применении неорганических высокомолекулярных соединений силикатных растворов силиката натрия («жидкого стекла») и его производных, которые при соединении с коагулянтom образуют ГЕЛЬ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ, цементирующей частицы грунта.

Область применения силикатизации:

- закрепление и придание водонепроницаемости песчаным и лёссовидным *грунтам* с коэффициентом фильтрации 0,5-80 м/сут, со скоростью движения подземных вод не более 5-8 м/сут и показателем кислотности $pH < 7$.

Смолизация заключается в том, что в массив горных пород нагнетают водные растворы высокомолекулярных органических соединений (смола) с добавками коагулянтов. В результате химических реакций, происходящих в массиве горных пород, смолы переходят из жидкого в твёрдое состояние. В результате этого горные породы упрочняются, уменьшается их водопроницаемость и увеличивается прочность. Так, пески, закреплённые синтетическими смолами, обладают прочностью на сжатие до 5 МПа в зависимости от типа песков и смол. Процесс полимеризации смолы протекает в три стадии: раствор густеет, переходит в гелеобразное, а затем в твёрдое состояние.

Область применения смолизации:

- трещиноватые и трещиновато-пористые породы с коэффициентом фильтрации 0,5-50 м/сут при минимальном размере частиц несвязанного массива 0,01-0,05 мм.

Смолизацию можно применить там, где цементация будет неэффективна – для водоизоляции тонкотрещиноватых и мелкопористых пород.

НЕДОСТАТКИ смолизации:

- 1) высокая стоимость материалов;
- 2) не отработана технология применения на больших глубинах.

По мере развития химической промышленности и удешевления производства синтетических смол способ смолизации будет применяться всё активнее. Уже сегодня он широко применяется в зарубежных странах (например в Германии).

3. Схемы и технология тампонирувания при сооружении горизонтальных и наклонных горных выработок.

При проведении горизонтальных и наклонных горных выработок тампонаж горных пород применяют в двух случаях:

- 1) для подавления водопритоков или поступления вредных газов из трещин или других пустот в выработку;
- 2) для повышения несущей способности (упрочнения) окружающих горных пород, сплошность которых нарушена.

В результате применения тампонажа повышаются условия безопасности и скорость проведения горных выработок, снижаются стоимости возведения и поддержания крепи выработок, предотвращаются вывалы горных пород и завалы выработок.

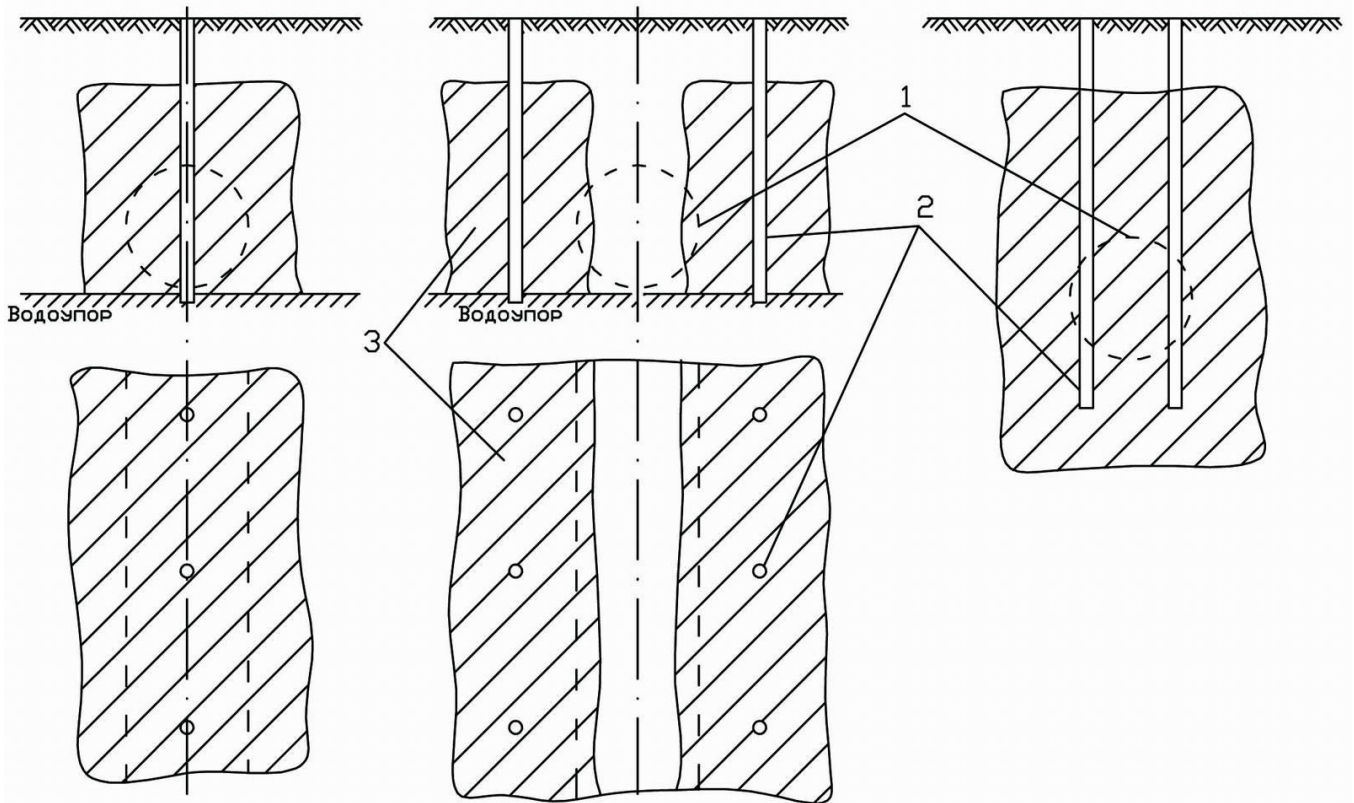
Производство работ по тампонируванию горных пород при строительстве горизонтальных и наклонных выработок отличается большим разнообразием схем расположения скважин в пространстве и устройством тампонажных перемычек. Известны две основные технологические схемы:

I - с поверхности земли;

II - из забоя выработки.

Выбор той или иной схемы тампонирувания производится на основе детального технико-экономического сравнения вариантов с учётом гидрогеологических условий, физико-механических свойств горных пород, глубины заложения выработки, принятого типа бурильных машин и тампонажного материала.

При тампонирувании пород С ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ выбор схемы расположения тампонажных скважин зависит от: глубины заложения выработки, гидрогеологических условий, наличия и глубины залегания водоупора. При этом тампонажные скважины бурят или вертикально, или наклонно в зависимости от горно-геологических условий и условий на поверхности по трассе строящегося объекта. Схемы отличаются большим разнообразием (рис.17.2).



А. Водоупор залегает неглубоко.

Б. Водоупор отсутствует.

Рис.17.2. Схема тампонирования с поверхности земли: 1 – контур выработки; 2 – тампонажные скважины; 3 – затампонированный массив.

При тампонировании пород ИЗ ЗАБОЯ ВЫРАБОТКИ работы выполняют отдельными участками (заходками) определённой длины с последовательным чередованием процессов тампонирования и проведения выработки. Нагнетание тампонажного раствора в массив в этом случае осуществляют через группы слабонаклонных скважин (рис.17.3). При этом формируются затампонированные массивы в виде конусов или ореолов, входящих один в другой. Для предотвращения выхода тампонажного раствора и воды в выработку при тампонировании каждой заходки возводят тампонажные перемычки или оставляют целик из ранее затампонированной породы.

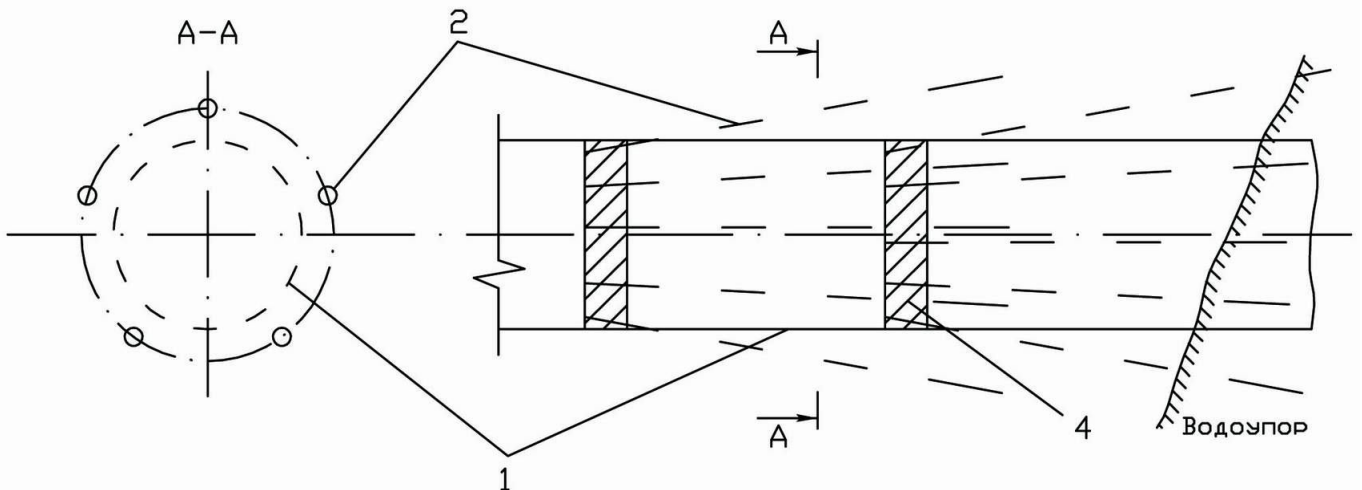


Рис.17.3. Схема тампонирования из забоя выработки:
1, 2 – те же; 4 – тампонажные перемычки.

Длина участка тампонирувания при забойной технологии зависит от многих факторов: от свойств массива, вида тампонажного материала, оборудования для бурения скважин и др. В устойчивых породах наиболее часто тампонаж выполняют заходками 10-50 м, в неустойчивых - до 5 м. Расстояния устьев тампонажных скважин от контура выработки определяются габаритами бурового оборудования и должны быть минимальными. Так, при бурении станком НКР-100М это расстояние составляет не менее 700 мм, при бурении перфораторами – 200...300 мм. Скважины бурят под углом к продольной оси выработки с таким расчётом, чтобы концы скважин выходили за контур выработки на 1...5 м.

Обе схемы тампонирувания (с поверхности и из забоя) обладают своими преимуществами и недостатками.

Тампонирувание с поверхности земли.

Преимущества: 1) горнопроходческие работы совмещаются во времени с работами по тампонируванию, что позволяет проходить выработку с высокой скоростью;

Недостатки: 1) большой объём буровых работ;
2) тампонирувание "лишнего" объёма горных пород, что приводит к перерасходу тампонажных материалов и удорожанию строительства.

Тампонирувание из забоя выработки.

Преимущества: 1) незначительный объём буровых работ;
2) меньше расход тампонажных материалов.

Недостатки: 1) снижение темпов строительства из-за чередования работ по тампонажу и проведению выработки;
2) большие затраты времени на устройство и разборку тампонажных перемычек.

Технология выполнения работ.

При тампонирувании ИЗ ЗАБОЯ ВЫРАБОТКИ работы выполняют в следующей последовательности:

- 1) возведение тампонажной перемычки;
- 2) гидравлическое испытание кондукторов и опрессовка перемычки;
- 3) бурение тампонажных скважин;
- 4) оборудование скважин запорной арматурой;
- 5) расходометрические исследования в скважинах;
- 6) нагнетание тампонажного раствора;
- 7) демонтаж запорной арматуры и разборка перемычки.

ТАМПОНАЖНЫЕ ПЕРЕМЫЧКИ, необходимые для для передачи давления от тампонажного раствора горной породе и для изоляции забоя выработки от про-

никновения в неё подземных вод и выхода тампонажного раствора в процессе его нагнетания в породы, по своей форме могут быть **плоскими, цилиндрическими или сферическими**. Плоские перемычки имеют форму четырёхгранной усечённой пирамиды (в выработках прямоугольной формы) или усечённого конуса (в выработках круглой формы). В зависимости от расчётной толщины перемычка может иметь одну или несколько ступеней (рис.17.4).



Рис.17.4. Форма плоской двухступенчатой перемычки в забое горизонтальной выработки.

Технология возведения перемычки в кратком изложении: выемка породы, разделка вруба, кондукторы в каркасе, деревянная опалубка, укладка бетона бетоноукладчиком, через трое суток нагнетание тампонажного раствора с целью заполнения пустот и трещин в бетоне.

Бурение скважин (шпуров) производится диаметром 45-150 мм через кондукторы с запорной арматурой. Основной буровой станок - НКР-100м. После бурения - расходомерические исследования, на основании которых назначаются составы и консистенция тампонажных растворов, устанавливаются режимы тампонирования. После этого приступают к нагнетанию раствора.

При цементации возможны два варианта приготовления и нагнетания раствора:

- 1) оборудование для приготовления и нагнетания раствора в породы располагается в выработке у забоя;
- 2) оборудование размещено на поверхности земли.

Из этих двух вариантов выбирают подходящий в зависимости от глубины заложения выработки, объёмов тампонажных работ и на основании технико-экономического анализа.

Нагнетание тампонажного раствора производится цементационным насосом (чаще всего - НГР-250/50) зажимным способом непрерывно в течение всего времени, пока скважина принимает раствор при давлении не выше расчётного. В случае, когда давление нагнетания продолжительное время не растёт при постоянном расходе, что бывает при пересечении крупных трещин или полостей, раствор сгущают. Если поглощение раствора не снижается и после этого, нагнетание раствора на время прекращают, то есть тампонирование осуществляют с перерывами. Продолжительность перерыва принимают равным

вами. Продолжительность перерыва принимают равным времени твердения тампонажного раствора.

К разборке перемычки приступают не ранее чем через 24 часа после окончания нагнетания в последнюю из скважин.

Институты ЦНИИПодземмаш и НИИОМШС совместно разработали ряд комплексов оборудования для тампонажа из забоя горизонтальной выработки, применение которых улучшает организацию труда и увеличивает темпы сооружения выработок.

Комплекс оборудования для тампонажа из забоя горизонтальной выработки КТГ-1 (плакат) состоит из:

- 1) бурового станка НКР-100м;
- 2) цементационного насоса НГР-250/50;
- 3) подвижной лопастной растворомешалки объемом $1,5 \text{ м}^3$ со смесительным устройством производительностью $20 \text{ м}^3/\text{час}$.

Цемент к растворомешалке доставляется в цистернах-цементовозах объемом 2 м^3 , а вода - в водовозных цистернах такой же ёмкости.

Укрепительный тампонаж (упрочнение) горных пород выполняют через скважины малой глубины, пробуренные в нарушенных породах. Тампонажный раствор вначале нагнетают при невысоком давлении (до $0,3 \text{ МПа}$), затем постепенно его увеличивают, а завершают нагнетание при давлении в среднем до 7 МПа в зависимости от состояния горных пород. Основным тампонажным материалом для упрочнения - цемент, так как он обеспечивает наибольшую прочность монолитного породного массива. Укрепительную цементацию иногда выполняют в комбинации с анкерной крепью. В этом случае перед нагнетанием цементного раствора в скважины вводят металлические анкеры.

Подробнее тема упрочнения горных пород раскрыта в курсе "Механика подземных сооружений".

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы горного дела. Подземная геотехнология : учебное пособие для вузов / В.В. Мельник, С.С. Гребенкин, В.Н. Павлыш и др.; под общ. ред. С.С. Гребенкина, В.В. Мельника – Донецк; М.: ВИК, 2015. - 349 с.
2. Конспект лекций по дисциплине «Основы горного дела. Строительная геотехнология» [Электронный ресурс] / А.Н.Шкуматов. – 16,0Мб – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 110 с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.
3. Конспект лекций по дисциплине «Основы горного дела» [Электронный ресурс] / Ю.В.Кудинов. – 9,0Мб – Енакиево: ЕПТ, 2016. – 211 с. - 1 файл. - Систем. требования: Microsoft Word.
4. Геомеханика: учебник для ВУЗов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко, О.О. Сдвижкова // К.: Освита, 2015. – 563 с.
5. Технология проведения подготовительных выработок: учебное пособие для ВУЗов. / Ю.Н.Давыдов. - Караганда: КарГТУ, 2007.- 156 с.
6. Шахтное и подземное строительство : учеб. для ВУЗов : в 2-х т. Т.1 / Б. А. Картозия [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : МГГУ, 2003. - 732 с.
7. Технология, механизация и организация проведения горных выработок: учебник для ВУЗов. 3-е изд., перераб. и доп. / Б.В.Бокий, Е.А.Зиминая, В.В.Смирняков, О.В.Тимофеев. – М.: Недра, 1983, – 264 с.
8. Ткачев В.А. Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горных выработок: учебное пособие для вузов / В.А. Ткачев, А.Ю. Прокопов, Е.В. Кочетов. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2008.
9. Справочник инженера-шахтостроителя : в 2-х т. / под общ. ред. В. В. Белого. – Москва : Недра, 1983. Т. 1. – 439 с., Т. 2. – 423 с.
10. Правила безопасности в угольных шахтах – Донецк: Минуглеэнерго, 2016, – 217 с.
11. Временные единые правила безопасности при обращении со взрывчатыми материалами промышленного назначения. – Донецк: Госгортехнадзор, 2018. – 361 с.
12. Единые нормы и расценки на строительные монтажные и ремонтно-строительные работы. Сб. Е 36 : Горнопроходческие работы. Вып.1 : Строительство угольных шахт и карьеров / Гос. ком. СССР по делам стр-ва. – Москва : Стройиздат, 1988. – 207 с.
13. СНиП 3.02.03-84. Подземные горные выработки. – М.: Стройиздат, 1985.– 15с.
14. Унифицированные типовые сечения горных выработок, закрепленных комбинированной арочной крепью из взаимозаменяемого профиля. Альбом: НИИОМШС. – К. : Минтопэнерго, 2004. – 169 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Лекция 1 Горные породы	4
Лекция 2 Свойства горных пород. Горное давление	11
Лекция 3 Горное предприятие	20
Лекция 4 Горные выработки	26
Лекция 5 Крепь горных выработок	34
Лекция 6 Подготовительный период строительства горного предприятия	42
Строительство вертикальных стволов	
Лекция 7 Общие положения. Буровзрывные работы	52
Лекция 8 Уборка породы. Возведение постоянной крепи. Организация работ	62
Лекция 9 Сооружение сопряжений. Армирование. Переходной период	73
Проведение горизонтальных выработок буровзрывным способом	
Лекция 10 Общие положения. Буровзрывные работы	82
Лекция 11 Проветривание. Погрузка породы	90
Лекция 12 Крепление. Вспомогательные процессы. Организация работ	98
Лекция 13 Проведение горизонтальных выработок комбайновым способом	107
Сооружение наклонных горных выработок	
Лекция 14 Общие сведения. Проведение уклонов, бремсбергов. Строительство наклонных стволов	118
Лекция 15 Проведение печей, скатов, восстающих	129
Специальные способы строительства выработок	
Лекция 16 Общие сведения. Способ замораживания.	140
Лекция 17 Тампонирование горных пород	149
Список использованной литературы	158
Содержание	159